

PTO 01-[PTO 2005 4849]

Japan Patent

(Number of Document Heisei 04-87898)

**NOISE REDUCTION DEVICE FOR ELECTRONIC TYPE AUTOMOBILE COMPARTMENT**

**[電子式車室内騒音低減装置]**

**Author (Osamu Shigeizumi)**

**UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

**Washington, D.C.**

**July 2005**

**Translated by: Schreiber Translations, Inc.**

Country : Japan

Document No. : Heisei 04-87898

Document Type : Patent application

Language : Japanese

Inventor : Hideno Itonuma, Toshio Koyama, Ichimi  
Yamaguchi

Applicant : Isuzu automobile Inc.

IPC : G 10 K 11/16. G 60 R 11/02

Application Date : October 31, 1990

Publication Date : July 30, 1992

Native Title : 電子式車室内騒音低減装置

English Title : NOISE RECUTION DEVICE FOR ELECTRONIC  
TYPE AUTOMOBILE COMPARTMENT

## Specification

### 1. Title of the invention

NOISE REDUCTION DEVICE FOR ELECTRONIC TYPE AUTOMOBILE COMPARTMENT

### 2. Scope of the utility invention claim

(1). it is the noise reduction device for electronic type automobile compartment characterized as being equipped with the means to generate signals using the engine vibration as the standard, the speakers, the microphones which detect the noise in the entire compartment mounted on the vehicle overhead ceiling position of the targeted passenger, and the adaptable filter type controller which identifies the reverse transfer function from the said standard signals to the said microphone of the vibration system of the automobile, said controller controls the said speaker in order to minimize the input into the said microphone.

(2). it is the noise reduction device for electronic type automobile compartment described in the claim item one characterized as containing the filter with a fixed coefficient constituted such that said controller outputs the white noise from said speakers, thus adaptation control is done from the output of said microphone and the white noise source, and space transfer function inside automobile compartment is measured.

(3) It is the noise reduction device for electronic type automobile compartment described in the claim item one or two characterized Such that said microphones are not mounted on the vehicle ceiling position, but at specified vehicle posts.

(4) It is the noise reduction device for electronic type automobile

compartment described in the claim item one or two characterized such that said microphones are not mounted on the vehicle ceiling position, but at a specified seat belt anchor.

(5) It is the noise reduction device for electronic type automobile compartment described in either one of the claim item one through four characterized such that said microphone and speaker are positioned inside of the automobile compartment position facing the antinode of the built-in standing wave of the noise inside the automobile compartment.

(6) It is the noise reduction device for electronic type automobile compartment described in the claim item five characterized such Said microphones and speakers are mounted in plural numbers respectively; said controller samples each microphone input and controls the said speaker in order to minimize the input into respective microphone.

### 3. Detailed explanation of the utility invention

(Utilized fields in industry)

This utility invention relates to noise reduction device inside electronic type automobile compartment and particularly to the noise reduction device inside electronic type automobile compartment which uses the device to actively reduce the low frequency noise in the closed space of automobile compartment in the automobiles and the like.

[Prior art]

The noise inside compartment of the automobiles and the like are caused because the automobile compartment which forms the closed space causes the resonance phenomenon under a certain condition, it is thought that the starting vibration force which is the cause is due to the rotation vibration ingredient of the engine and the like.

The attempt to adaptably reduce the noise inside the automobile compartment has been done in the recent years, its one example is shown in figure 10.

In the figure, 1 is a vehicle such as automobiles and the like, 10 the compartment inside the vehicle 1, 11 an engine, 12 the engine vibration sensor as the means to generate the signals which use the engine vibration of the engine 11 as the standard (knock sensor is acceptable also), or the or engine rotation number sensor, 13 the microphone which detects the noise level inside compartment 10, 14 the speaker which generates the noise to reduce the noise, and 15 is the seat inside of the compartment 10.

2 is the controller which identifies the reverse transfer function of the transfer function of the vibration system of the car excited by the engine vibration of the engine by the output of microphone 13 and sensor 12, and is constituted by A/D converter 21 which converts the analogue output of sensor 12 to digital output, adaptable filter 22 which inputs the digital output of A/D converter 22, D/A converter 23 which converts the digital output of adaptive filter 22 into the analogue signal, power

amplification device 24 which amplifies this analogue signals and provides to speaker, and A/D converter 25 which converts the analogue output of microphone 13 into digital signals and provides to adaptive filter 22.

Figure 11 shows a well known example of the adaptive filter 22 as shown in figure 10, and in this case, as the adaptation algorithm, there are well known rapid fall method, learning identification method and LMS method and the like, here LMS methods is used.

In the figure, Z-3 shows the delay element in order to delay engine vibration  $X(n)$  for each sample,  $h(0) \sim h(n-1)$  is the filter (tap) coefficient for multiplication with the output signals of each delay element Z-1 and each filter coefficient is renewed for each sample according to LMS algorithm; that is

$$h(i+1) = h(i) + 2 \mu e(n) X(n-i)$$

However,  $i=0 \dots n$ ,  $\mu$  are the step size described above.

By selecting the step size  $\mu$  of this case, the collapsible operation is done wherein filter coefficient is multiplied by engine vibration  $X(n)$ , and added, thereby, output signals  $y(n)$  to the speaker 14 is found.

This speaker output  $y(n)$  is subtracted from the sound pressure  $Y(n)$  actually observed close by the ear of the driver, thereby output  $e(n) = Y(n) - y(n)$  from the microphone 13 is generated, based on which, if the filter coefficient is renewed again by LMS algorithm, gradually, the reverse transfer function G-1 of the transfer function

G of the vibration system in the compartment in the automobile can be identified, the microphone output  $e(n)$  can be converged to the minimum value.

However, using such noise reduction device in the compartment in the automobile, when high noise condition or the distance between speaker and microphone are distant, the transfer delay between speaker and microphone is not taken into consideration, operation becomes unstable, and convergence time gets delayed, and residue noise reduction effect deteriorates.

Hence, a system as in figure 12 which takes into consideration of the space transfer function between speaker and microphone has been already being considered.

That is, by inserting before the adaptable filter the filter 26 of space transfer function GD between speakers and microphones measured in advance, adaptation control can be provided from the beginning in the form which takes into consideration of the transfer delay between speakers and microphones, thereby, as shown in figure 13, compared with the case in which space transfer function GD is not prepared, convergence degree improves and reduction effect of the residue noise improves.

As to the filter 26 in this case, only the point with fixed tap coefficient  $h_1 \sim h$  obtained by measuring as shown in figure 14, is different from the filter in figure 11.

The measurement device of such space transfer function GD (sound characteristics) between speakers and microphones

Is shown in figure 15, and in this device, without using the vibration ingredient from engine 11, white noise (random number row) source 27 is set up in controller 2, and said white noise is converted into analogue signals by D/A converter 23 and amplification device 24, and outputted by speaker 14, and this white noise signals are picked up by the microphone 13 via the automobile compartment 10, and is converted into digital signals by A/D converter 25, transferred to the adaptive filter 22, and thus, adaptive filter 22 is controlled along with the white noise.

However, in this case, output itself of the filter 22 is not outputted into the space, and is different from the adaptive filter in figure 11 somewhat, and adaptive control is done such that by LM algorithm, instead of the engine vibration ingredient, white noise is used, and instead of noise close by the ear  $Y(n)$ , microphone 13 output is used, and error  $e(n)$  between this microphone output and the output of filter itself (corresponds to  $y(n)$  in figure 11) is minimized

Figure 16 shows that the equivalent circuit in case transfer function obtained by measuring in actuality as above used as  $GD'$  is used as filter 26 (figure 12); the space transfer function  $GP$  from engine mount to microphone 13 consists of the real space transfer function  $GD$  from speaker 14 to microphone 13 and the transfer function from engine mount to speaker 14, and transfer function  $GC$  from engine mount to speaker 14, and in this, transfer function  $GD$  is measured as the filter coefficient  $GD'$  of adaptive



filter 22 by doing as in figure 15, and only remaining transfer function GC can be identified by the adaptive filter 22 as shown in figure 12.

The reason to seek transfer characteristics inside the compartment GD' by measurement is that, regarding the space transfer coefficient between speakers and microphones, as to amplifying device which generates the speaker output regarding the space transfer function between speakers and microphones, Due to time elapse change, changes such as atmospheric pressure, atmosphere temperature, and moistures and the like of each vehicle environment, the characteristics of assembled electronic circuits change, transfer function values change from one measured previously. Hence, filter having the transfer function GD' measured like this gets renewed, for instance, at the regular inspection time of the vehicles.

[Problems this invention attempts to solve]  
regarding the traditional noise reduction device inside electronic type automobile compartment as above, by emitting the white noise, space transfer function from the speaker to microphone is found, after that, said device is mounted in the compartment, in this case, since the position of microphone is fixed at the head rest of the seat 15 or at the shoulder part as shown in figure 10, hence, when the passenger collapses the seat 15 or passengers switch etc, the distance from speaker to the microphone changes, as a result, space transfer function changes from the initial value, thus

convergence becomes difficult or system oscillates, every time it happens, white noise had to be emitted, and space transfer function needs to be sought ever time it happens, thus causing troublesome problems.

Hence, the purpose of this utility invention is to realize a noise reduction device inside electronic type automobile compartment in which regarding measuring the space transfer function in the automobile compartment, distance from speaker to microphone does not change.

[Means to solve the problem]

In the noise reduction device inside electronic type automobile compartment relating to this utility invention,

Said device is equipped with the means to generate signals using the engine vibration as the standard, the speakers, the microphones which detect the noise in the entire compartment mounted on the vehicle overhead ceiling position of the targeted passenger, and the adaptable filter type controller which identifies the reverse transfer function from the said standard signals to the said microphone of the vibration system of the automobile, said controller controls the said speaker in order to minimize the input into the said microphone, thus solving the above described problem.

And the said controller contains the filter with a fixed coefficient constituted such that said controller outputs the white noise from said speakers, thus adaptation control is done from the output of said microphone and the white noise source,

and space transfer function inside automobile compartment is measured.

Furthermore, said microphones are not mounted on the vehicle ceiling position, but can be mounted at specified vehicle posts or specified seat belt anchor.

Furthermore, in this utility invention, said microphone and speaker can be set up in the facing compartment position which becomes the ~~antinode~~ of the built-in standing wave of the noise inside of the automobile compartment, and furthermore, said speakers can be controlled such that by setting up in plural number, said controller samples each microphone input, to minimize the input into each microphone.

[Interaction]

In the noise reduction device inside electronic type automobile compartment relating to this utility invention, microphones are mounted at the fixed position inside each compartment such as vehicle ceiling overhead of the passenger which becomes the target of the noise reduction, specified vehicle post, or specified seat belt anchor, hence, the distance from the speakers to microphones does not change, and when a seat is moved, the transfer function to the microphone of the vibration system of the car body does not change even if the seat is moved.

Hence, in order to obtain the filter 26 of fixed space transfer function GD, using white noise as shown in figure 1, space transfer function measurement shown in figure 15 does not have to be done

any more many times.

And, by installing the above described microphone and speakers at the facing compartment position which becomes the antinode of the built-in standing wave (this is known by testing and the like in advance) in the noise inside the compartment, the biggest part of the sound pressure (amplitude) of the noise inside the compartment can be stricken out.

Furthermore, by installing a plural number of microphones and speakers at the compartment positions which becomes the antinode of the built-in standing wave of the noise in the compartment, if speakers are controlled such that said controller samples each microphone input and minimizes the input into each microphone, the elimination of the noise in the compartment does not go well by one microphone and speaker (this is because the time delay between speakers and microphones is large and the like), even if the adaptation control of the controller misses the convergence range, it can be saved by the combination of other microphones and speakers, thus the optimum adaptation control is realized.

[Embodiments]

figure 1 is a drawing showing one embodiment of the noise reduction device inside electronic type automobile compartment relating to this utility invention, and the difference between this embodiment and the prior art in figure (12) is that microphone 13 is installed at the ceiling position of the vehicle 1 which is the overhead of the passenger 100 who is seated at the seat 15 who wants noise

reduction.

By installing microphone 13 as above, the ears of passenger 100 is close to the position of microphone 13 with the best noise reduction effect, hence, as described above, due to the standard signals from the sensor 12 and the signals from microphone 13, according to LMS algorithm, by generating the noise erasing output from speaker 14, the normal noise reduction effect can be obtained.

On the other hand, in case the space transfer function is measured using the microphone 13 set up at such position, it can be done as shown in figure 2, and in this case, it is different from the case in figure 14, the position of the microphone 13 is selected to be at the ceiling of the vehicle 13, and even if the seat 15 is collapsed, the distance between speaker 14 and microphone 13 does not change, hence, there is not need to re-measure the space transfer function.

Figure 3 shows the state in which microphone 13 is mounted on the ceiling of the vehicle actually, and in this embodiment, using two microphones 13 particularly, it is designed so that it approaches close to both ears of the passenger.

In case this microphone 13 is mounted on the ceiling of the vehicle, if the roof of this vehicle gets hot on receiving the sun ray directly, the performance easily deteriorates by receiving the heat impact, and since the roof is a thin iron plate, its mounting becomes difficult.

Hence, in the embodiment shown in figure 4, microphone 13 is

installed at A post, BC post, or c post of the vehicle, or installed at the seat belt anchor SA set up at BC post or C post.

Figure 5 is a drawing showing the location in which microphone 13 is actually mounted at one of the posts, and it is structured such that over the post 31, thermal insulation seat 32 and vibration proofing rubber 33 are placed, furthermore, bracket 34 on which is mounted the microphone 13 is placed, and through each hole, screwed on by screw 35. And the inner cowl 37 with protective net 36 of microphone 13 pasted over it is mounted.

In above described embodiment, the case in which microphone 13 is positioned at one place is hypothesized, however, as shown in figure 6, standing waves by the actual noise in the compartment exist in various forms.

That is, the space in the automobile compartment can be considered to be a type of square, the standing wave at the time is generated diagonally up as shown by the oblique lines by same figure (a) ~ (e).

And, in the compartment there are seats and instrument plats and the like, and in the actual mode, in addition to the various standing wave described above, others exist and present complex modes.

However, actual standing wave does not necessarily generate all the modes always, but generates the standing wave which corresponds with the length inside the compartment.

In another word, the frequency of standing wave generated and

the length inside the compartment correspond, and in case of the 4 cylinder engine, vibromotive by the engine is the secondary ingredient of the engine rotation, for instance, suppose at 3000 rmp, 100 Hz standing wave is generated, and at 6000 rpm, 200 Hz, if there is the length inside the compartment in the vicinity of the wave length of these frequencies, standing wave is generated, and as shown in figure 6, the noise inside the compartment is the greatest at the antinode portion as shown in figure 6, at the node portion, it is the least.

Hence, such antinode portion is sought by the testing or structural analysis and the like, and it is preferable to place the speakers and microphones at its antinode position, then, one can cope with the noise inside the compartment with the greatest sound pressure than this by this.

In such case, if only one microphone 13 and speaker 14 are set up respectively, as shown in figure 6, the optimum noise erasure control is not necessarily executed against any of the various standing wave as shown in figure 6, and, as far as eliminating the noise inside the compartment, installing a plural number of microphones 13 and speakers 14 is more preferable.

Hence, in this utility invention, as shown in figure 7, in compartment 10 in advance, speaker SP1 and sp2 are placed at the right and left of front part (Ft), and speaker SP3 and Sp4 are placed at the back part (Rr), and the microphone 13 are set up at microphone area M(1)~M(3) in the right and left direction shown

in the oblique part surrounded by the dotted lines and/or microphone area M (4) ~ (6) in the front and back direction.

Using these plural number of speakers 14 and microphones 13, by executing the adaptive controlling by controller 2, input into each microphone is minimized.

Regarding the adaptive control by these plural number of speakers and microphones, in order to simplify the explanation, the following will be explained, taking the example of two speakers SP1, SP2 set up at front part of the vehicle and two microphones 13a, 13b set up at the both ends of microphone area M (2) (refer to figure 7) as shown in figure 8.

First, as shown in figure 8, transfer channel is set up by four combinations by two speakers and two microphone, their transfer functions are respective GD11 ~ GD22 which are different.

Hence, in order to identify such transfer function GD11 ~ GD22, measuring system as shown in figure 2 described above is set up at each transfer channel, and output system of speaker SP1 and output system of SP2 are driven at the same time, or each sample such as speaker SP1 and microphone 13a, speaker SP1 and microphone 13b, speaker SP2 and microphone 13a, speaker SP2 and microphone 13b will be driven in sequence and done by each sample.

4 sets of transfer function GD11 ~ GD22 thus obtained, as shown in figure 9, is assembled into the actual adaptive control.

In figure 9, as to the operation part 41 ~ 44, the val



$\sim R22 = X(n) * GD11 \sim X(n) * GD22$  which executed the collapsible operation of the matrix of transfer function  $GD11 \sim GD22$  sought above with engine vibration ingredient  $X(n)$  is provided to multichannel operation part 50, and corresponds with the filter 26 of the transfer function GD shown in figure 1 respectively.

The algorithm of operation part 50 in this figure 9 Is represented in general by

$$H_{n+1} = H_n + 2\mu Re$$

In the example of figure 9,

$$\begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix} + 2\mu \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

By the matrix operation shown above, filter coefficient  $H_1, H_2$  are sought and renewed. Here,  $\mu$  is an above described convergence coefficient (step size) and  $e$  is the difference value between speaker output and the noise in the compartment.

And, in this case also, filter coefficient  $H_1, H_2$  are renewed every time at the same time, or one side is fixed, and renewed in sequence, thus executing the adaptive control.

Thus, by controlling by two speakers and the combination of two speakers, the input level of each speaker is minimized.

Considering the control system as shown in figure 8 from the examples of figure 8 and figure 9, for instance, in case only the driver is in the car, and in the mode which becomes the antinode

of the standing wave near its ears, the microphone input in case it is placed at Microphone area M(2) or M (6) becomes larger, and control is executed such that from four speakers SP1 ~ SP4, the input from their microphone are minimized.

In the adaptive control with such multi channels, coefficient renewal is done centered on the channel with large impact degree from the control amount and evaluation result, for instance, if the impact degree is large to the microphone area M(2) or M (6) from the speaker SP3, adaptive control is done centered on its channel. However, of course, other channel will get to be used.

In such state, in case a passenger gets seated at the left side of the back seating area, as to the speaker SP3 to microphone are M(2) or M(6), due to the impact of the passenger, it does not become an effective channel. Hence, in substance, the control will be executed centered on the channels of speaker SP1 and microphone area M(2) or M(6), or speaker SP4 and microphone area(2) or M(6).

[Effect of the utility model]

As described above, in the noise reduction device inside electronic type automobile compartment relating to this invention, Microphones are installed at the vehicle ceiling at the overhead position of the targeted passenger, specified vehicle post, or specified seat belt anchor, and since it is very close from the near ears to the microphone, sound eliminating effect is not lost, and even if the seat is moved, it is not necessary to redo the space transfer function hence, the space transfer function is done

only once in white noise initially at the factory. That is all.

And microphones and speakers are installed at the facing compartment position which becomes the antinode of the built-in standing wave of the noise inside the compartment, and multiple controllers that are set up respectively sample each microphone input, and speakers are controlled to minimize the input into each microphone, hence, by the various combination of speakers and microphones, even if outside confusion enters into the control system, even if one speaker and microphone combination can not execute the optimum adaptive control, it can be saved by the combination of other speakers and microphones, the best noise elimination effect can be achieved always.

#### 4. Simple explanation of the drawings

Figure 1 is a block drawing showing one embodiment of the noise reduction device inside electronic type automobile compartment relating to this invention.

Figure 2 is a block drawing showing the device to measure the space transfer function of the noise reduction device inside electronic type automobile compartment relating to this invention.

Figure 3 is a drawing showing one embodiment of the setup position of the microphones using this invention.

Figure 4 is a drawing showing other embodiment of the setup position of the microphones using this invention.

Figure 5 is an assembly drawing showing the embodiment when microphones used for this invention is set up at the vehicle post

Figure 6 is a wave shape drawing showing various standing wave modes generated in the compartment of an automobile

Figure 7 is a front view summary drawing to explain the combination of a plural number of speakers and microphones used for the embodiment by this invention

Figure 8 is a drawing to explain the difference of transfer function by the combinations of two speakers and microphones.

Figure 9 is a block drawing to execute the adaptive control by the combination of two speakers and microphones.

Figure 10 is a block drawing showing one example of reduction device of the noise inside the traditional compartment.

Figure 11 is a block drawing showing the general confirmation of the adaptive filter

Figure 12 is a block drawing showing one example of the reduction device of the noise inside a traditional compartment which improved the traditional example in figure 10.

Figure 13 is a graph drawing to compare the convergence degrees in the traditional examples in figure 10 and figure 12

Figure 14 is a block drawing showing the filter with space transfer function inside the compartment obtained by measurement

Figure 15 is a block drawing showing the device to measure the space transfer function of the traditional noise reduction device inside electronic type automobile compartment.

Figure 16 is a block drawing showing the reduction device of the noise inside the compartment in figure 12, using equivalent

circuit.

In the figure, 1 shows a vehicle, 2 a controller, 10 an automobile compartment, 11 an engine, 13 microphones, 14 speakers, 22 an adaptive filter respectively.

In the drawings, identical symbols show identical or corresponding part.

agent: patent attorney: Shuji Shigeizumi

Figure 1

Figure 2

27.. white noise source

figure 3

figure 4

left to right

A post, BC post, C post

Figure 5

Figure 6

Top left

Top to bottom

Ft antinode, node, Rr antinode

Figure 8

Figure 9

Center: multi channel operation part

Figure 10

Figure 11

Left: engine vibration ingredient  $X(n)$

Right side: from the top to bottom

Noise near the ears  $Y(n)$  ...

Speaker output  $y(n)$ , microphone output  $e(n)$

Figure 12

Figure 13

Y axis: convergence degree

X axis: time

Top line: when GD is prepared

Bottom line: PD is prepared in advance

Figure 14

Left: input

Right: Identification output

Figure 15

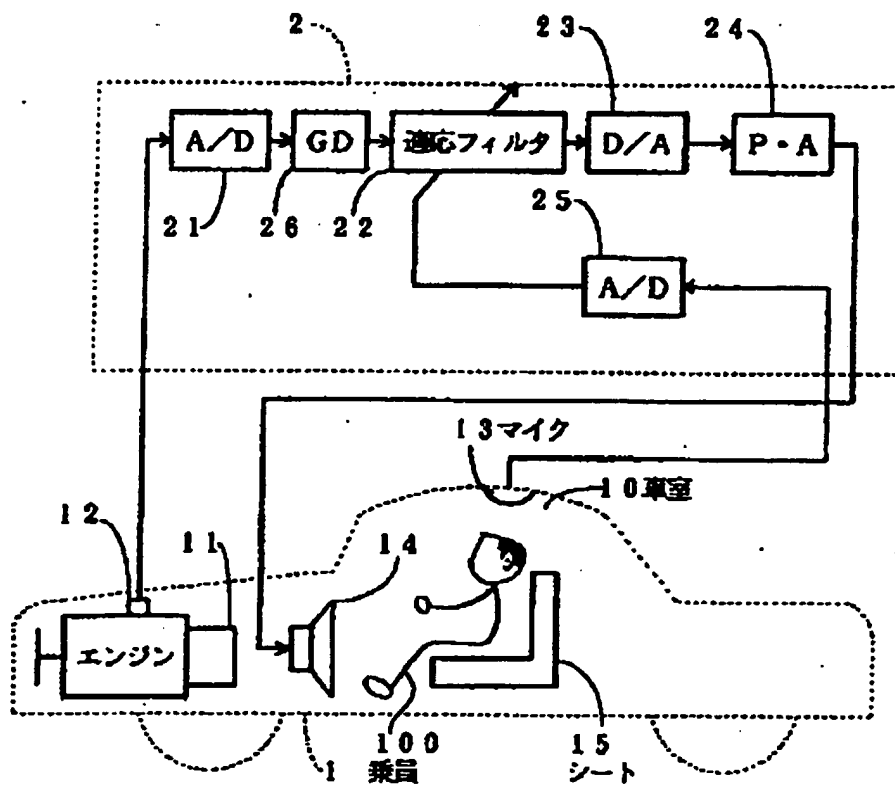
27.. white noise source

Figure 16

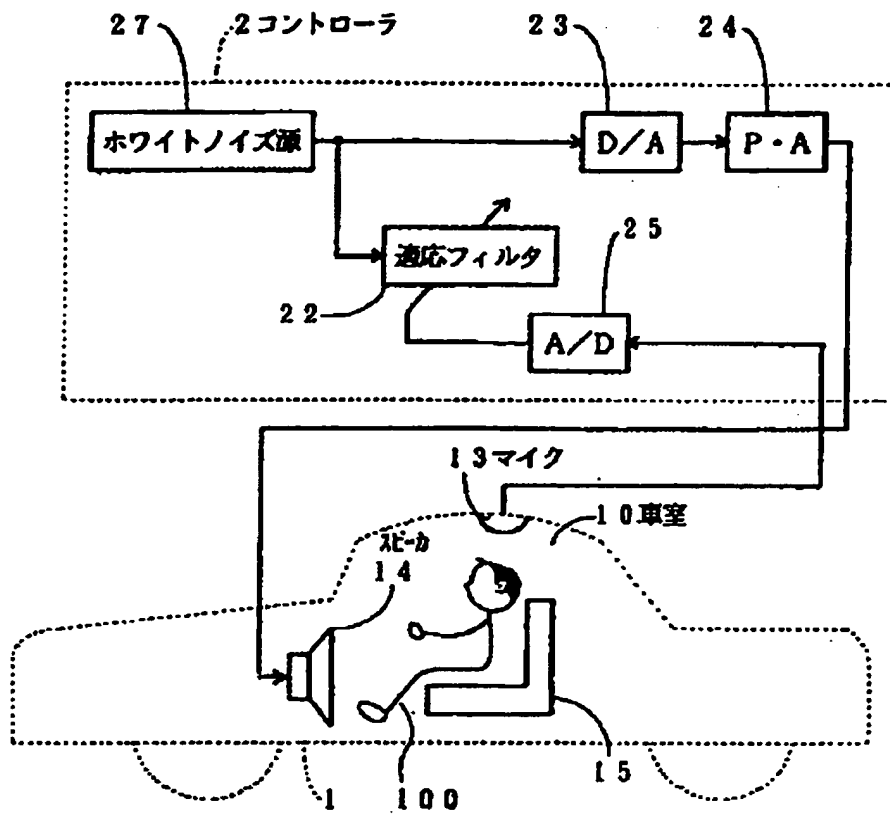
Left: Engine vibration ingredient, right: noise near the ears

Speaker output

Microphone output

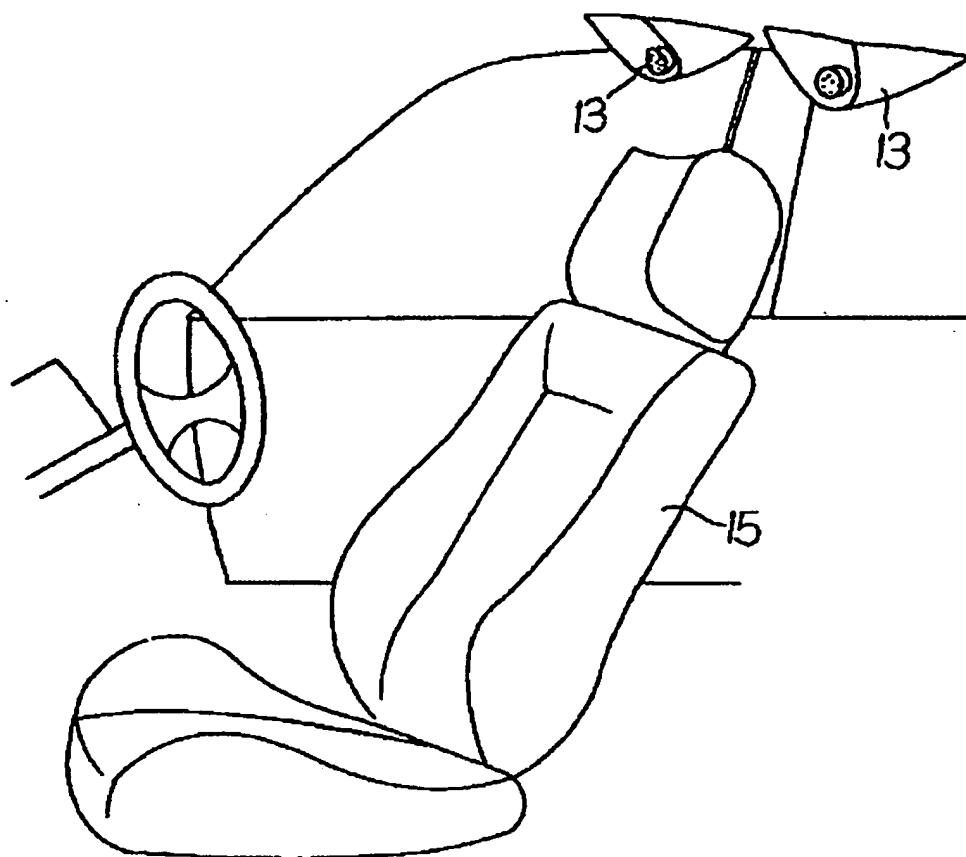


第 1 図

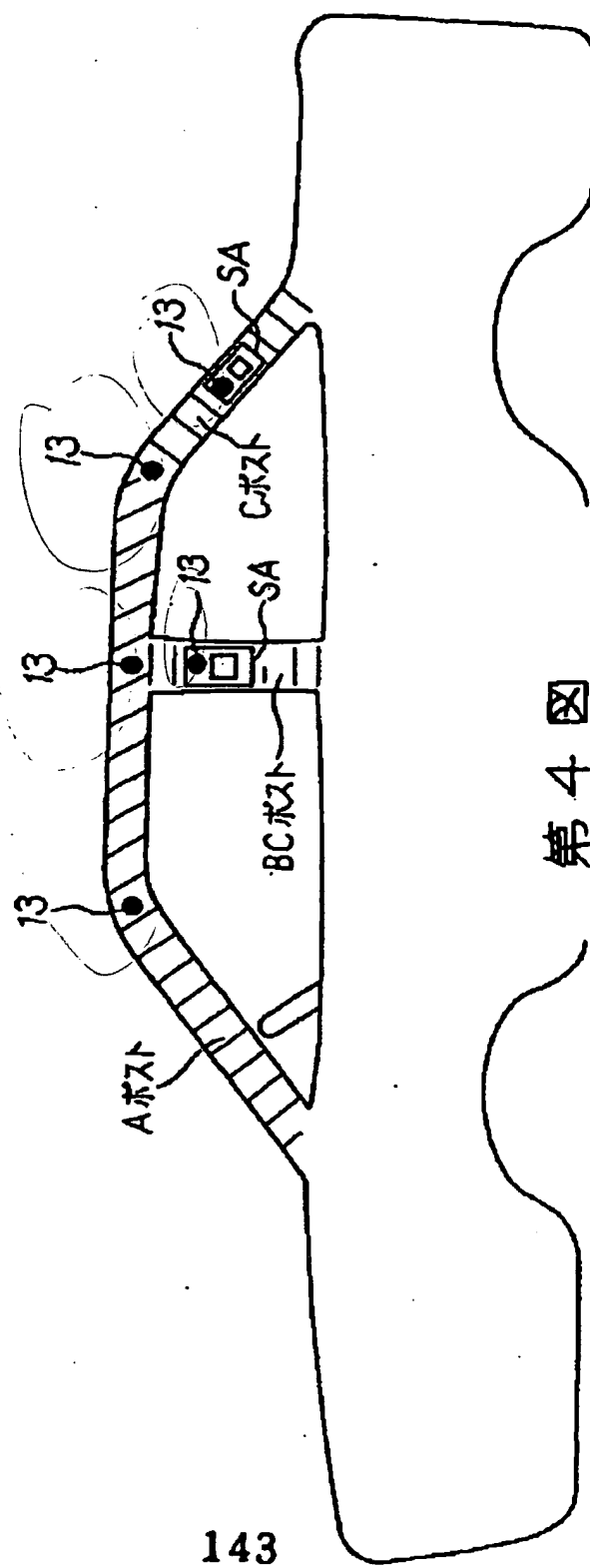


第 2 図



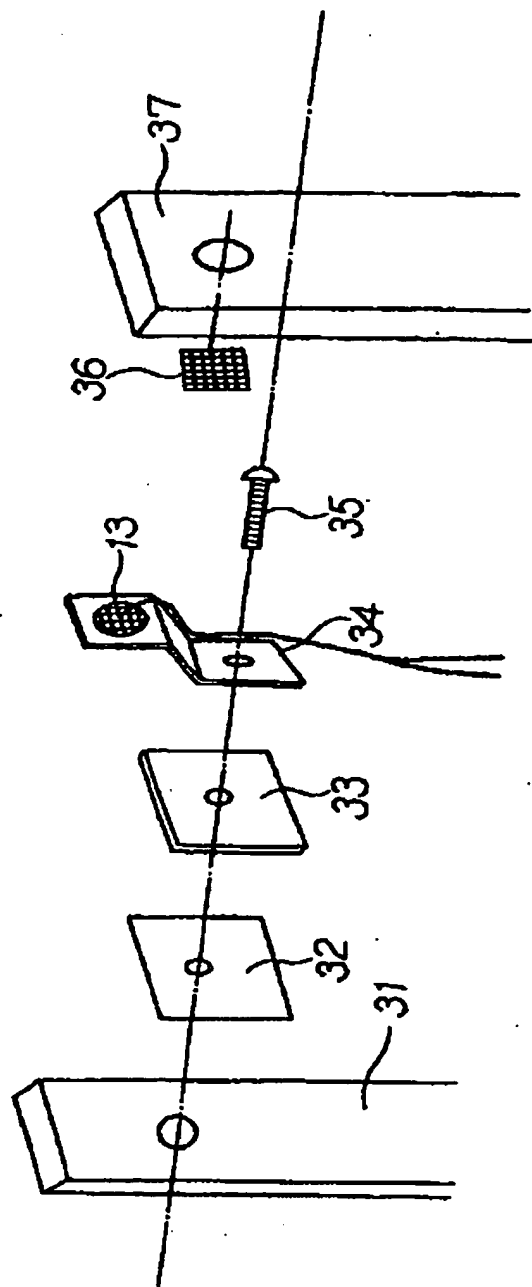


第 3 図

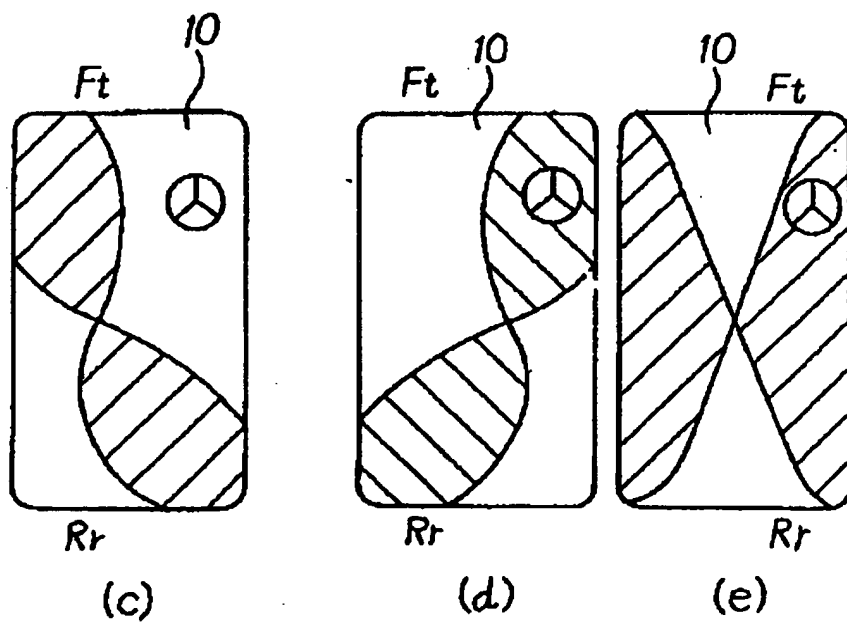
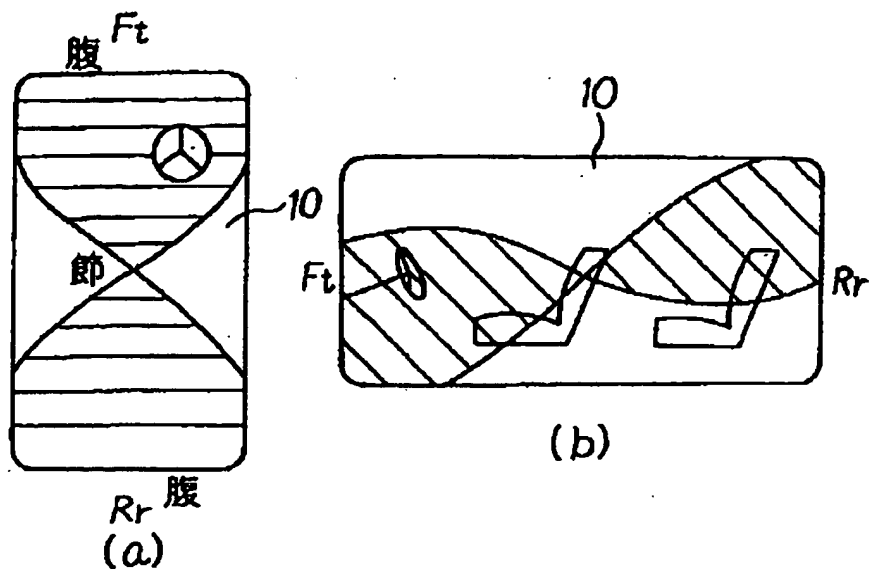


第4図

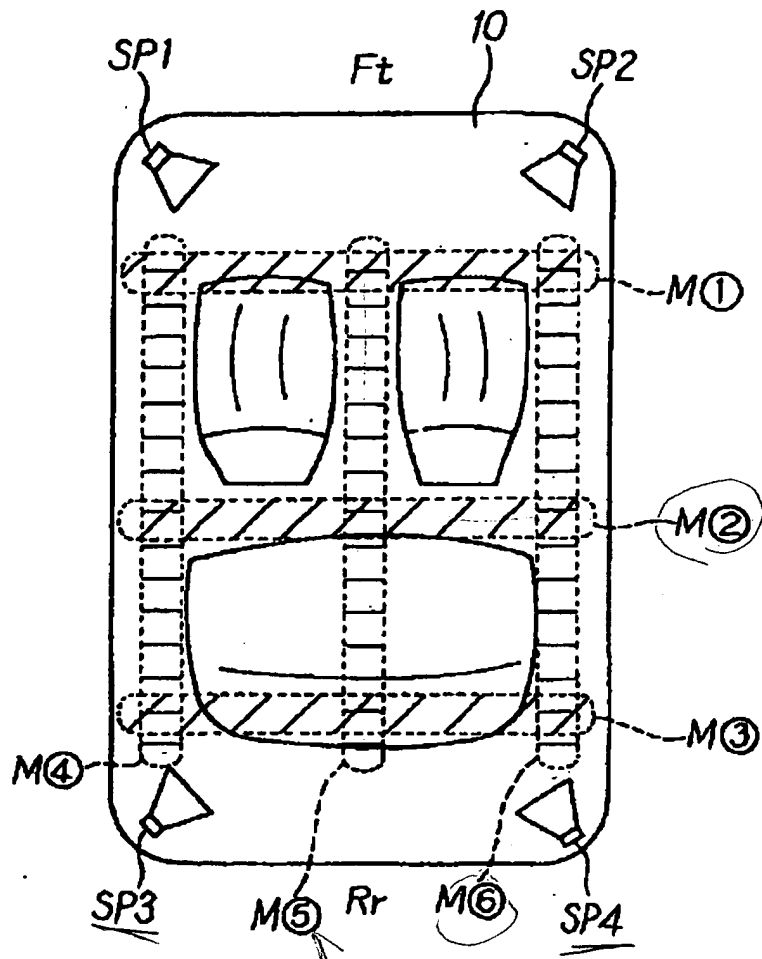
143



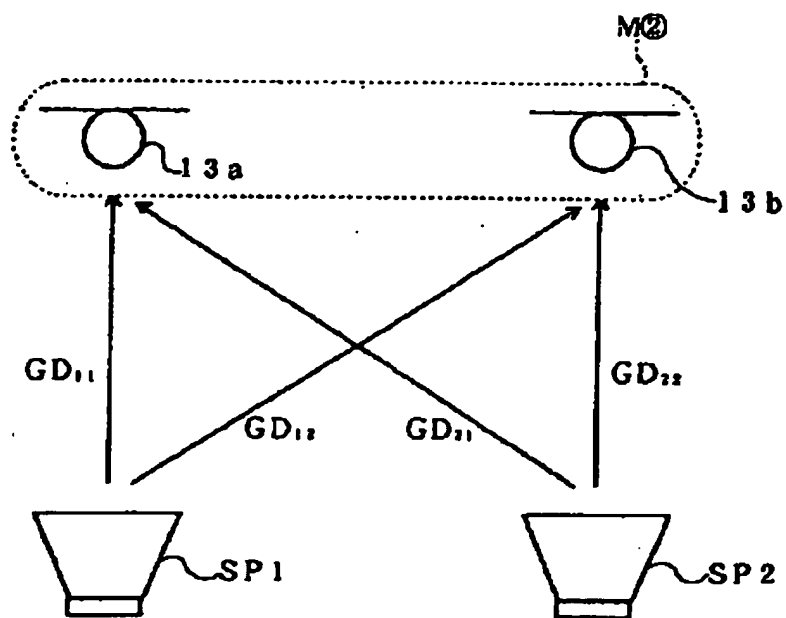
第 5 図



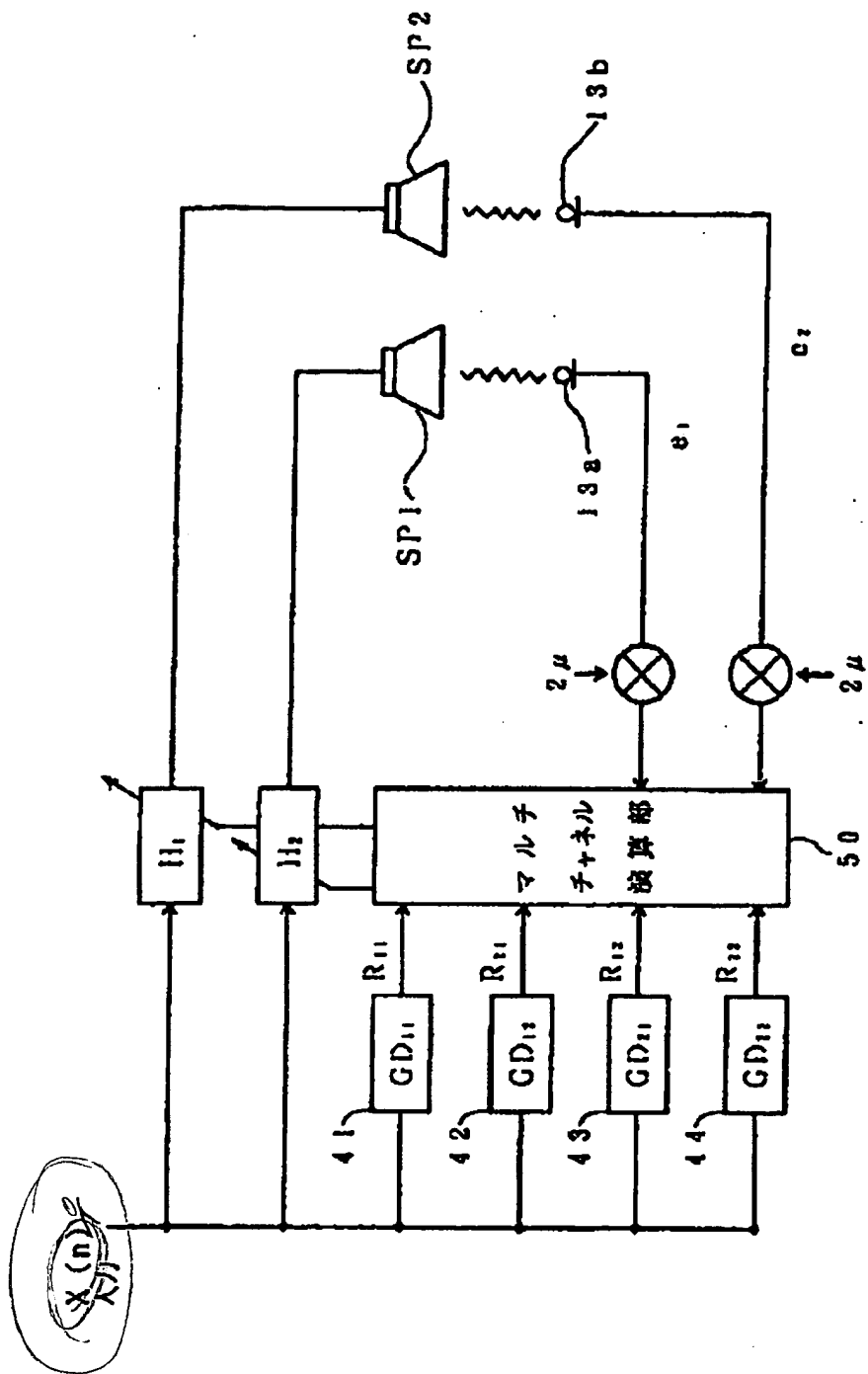
第 6 図



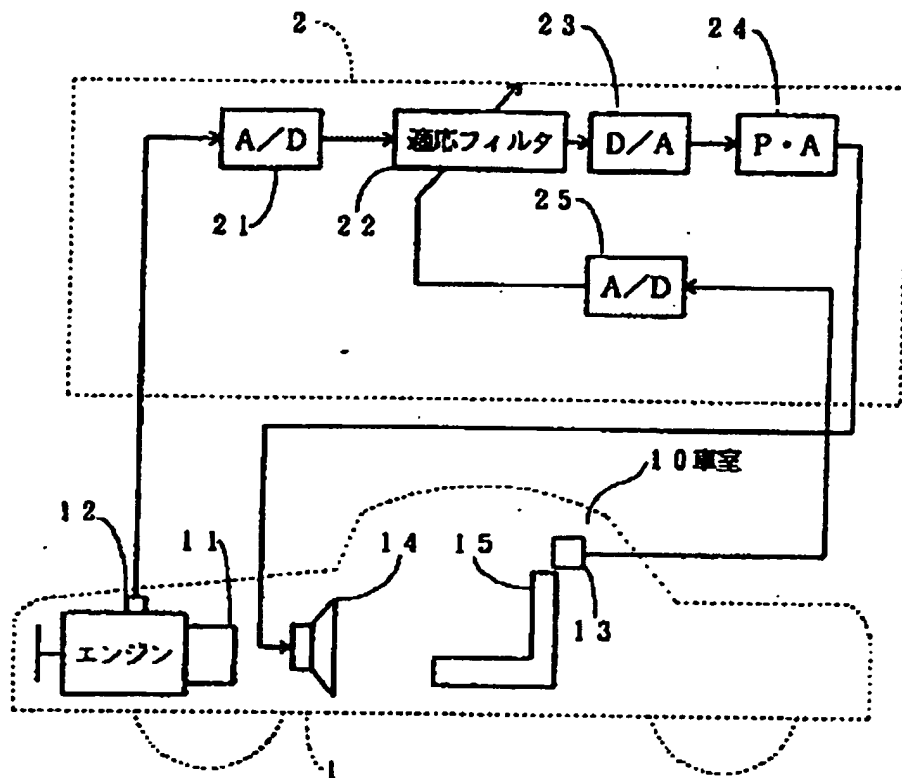
第 7 図



第 8 图

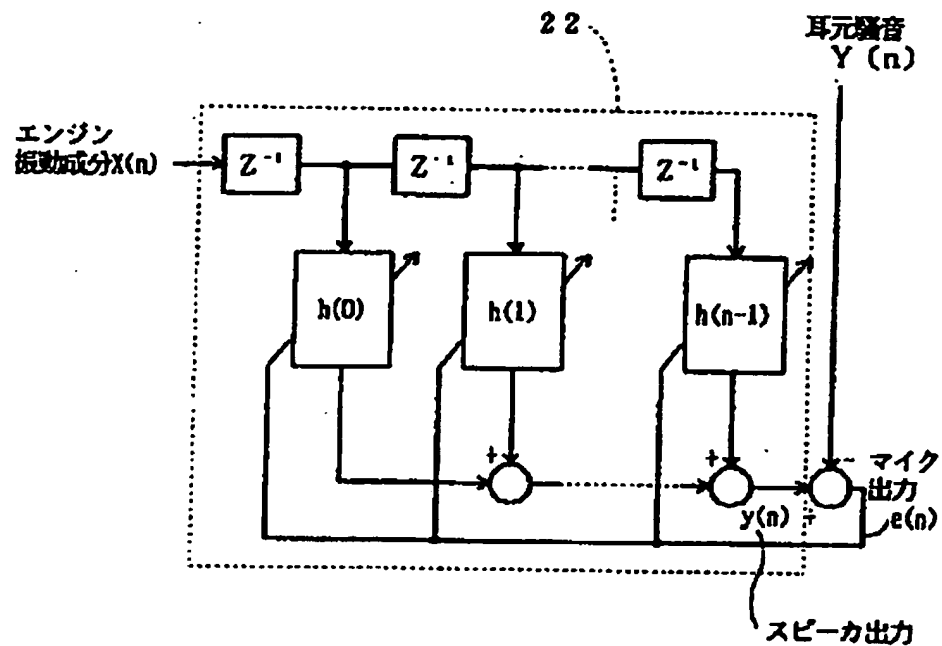


第9図

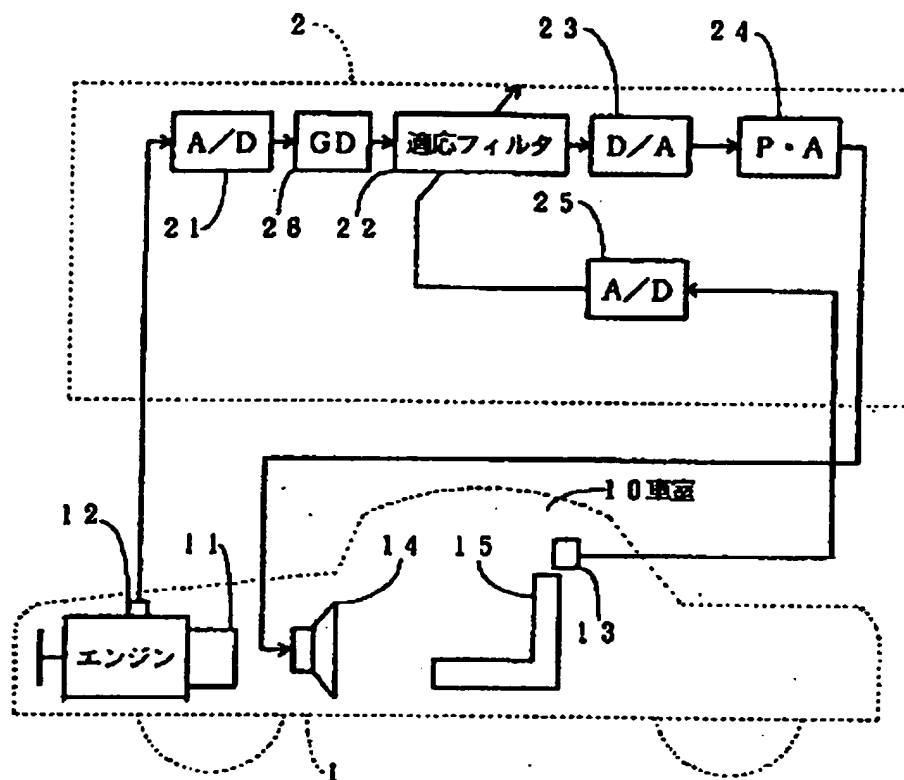


第 1 0 図

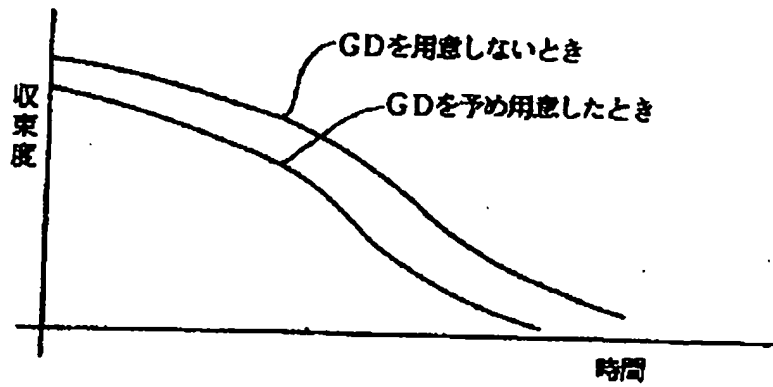




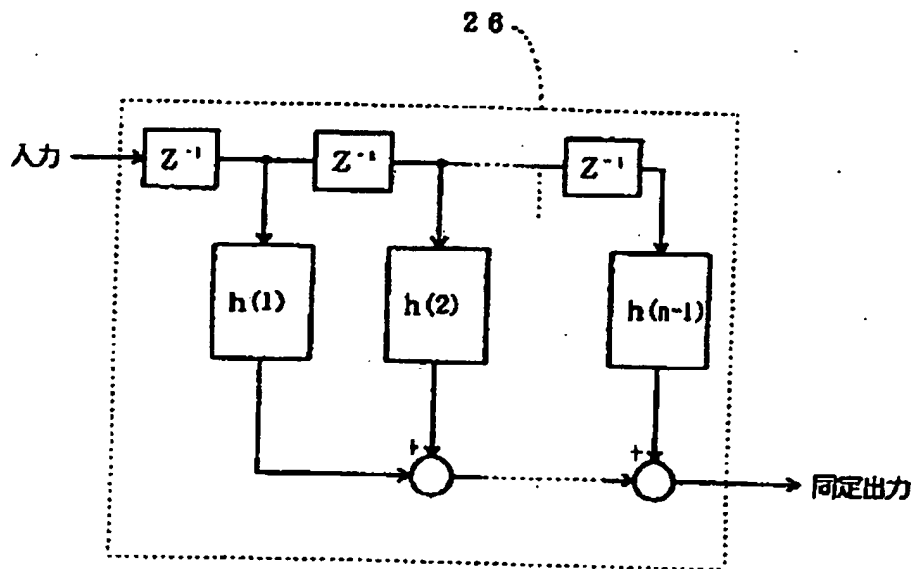
第 1 1 図



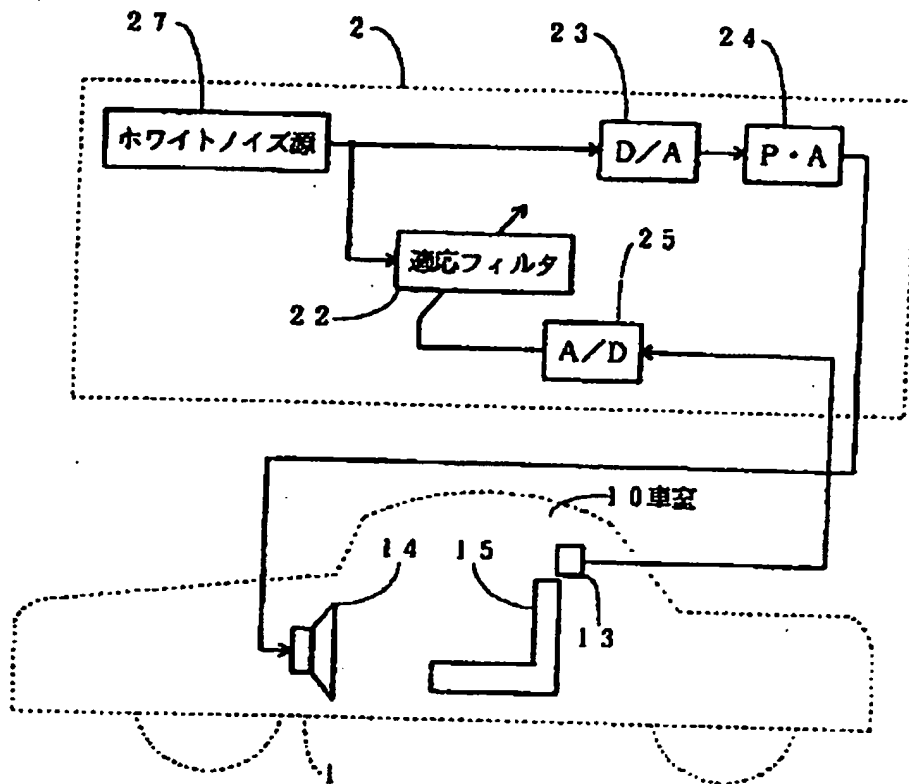
第 1 2 図



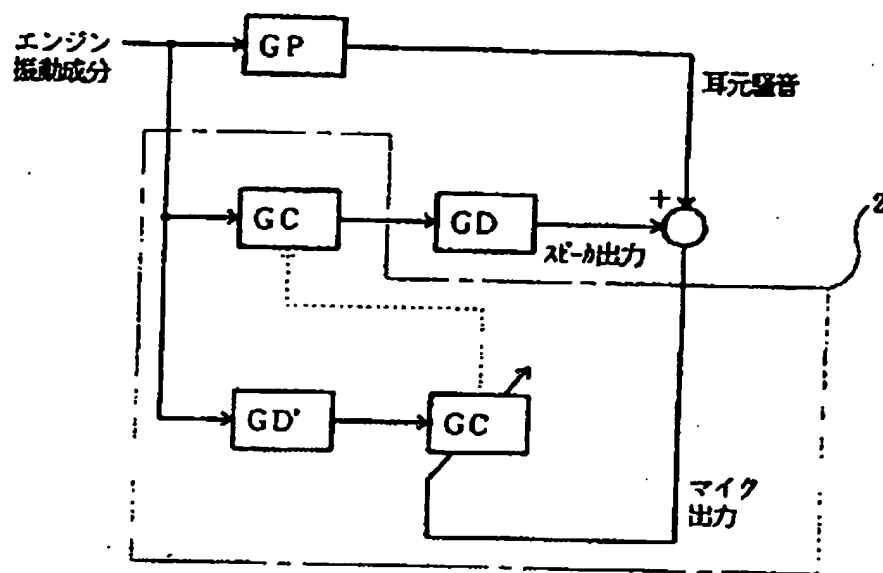
第 1 3 図



第 1 4 図



第 1 5 図



第 1 6 図

Partial Translation of Japanese Laid-Open Utility  
Model Publication No. 4-87898  
(Published on July 30, 1992)

Japanese Utility Model Application No. 2-114918  
(Filed on October 31, 1990)

Title: ELECTRONIC APPARATUS FOR REDUCING SOUND IN  
VEHICLE COMPARTMENT

Applicant(S): ISUZU MOTORS LIMITED  
TRANSTRON INC.

2. Claim(s)

(1) An electronic apparatus for reducing sound in  
a vehicle compartment comprising:

means for generating a reference signal based on  
engine vibrations;

a speaker;

a microphone provided on a roof of said vehicle  
compartment above a subject passenger for detecting  
all noise in said vehicle compartment; and

an adaptive filter controller for identifying an  
inverse transfer function of a transfer function  
between said reference signal generating means and  
said microphone in a vibration system of a vehicle  
body,

BEST AVAILABLE COPY

wherein said controller controls said speaker so  
as to minimize an input to said microphone.

# 公開実用平成 4-87898

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 実用新案出願公開

⑫ 公開実用新案公報(U) 平4-87898

⑪ Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)7月30日

G 10 K 11/16  
B 50 R 11/02

H 7350-5H  
B 9144-3D

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 頁)

⑭ 考案の名称 電子式車室内騒音低減装置

⑮ 実 願 平2-114918

⑯ 出 願 平2(1990)10月31日

優先権主張 ⑰ 平2(1990)9月28日 ⑱ 日本(JP) ⑲ 実願 平2-103148

⑳ 考 案 者	井 戸 沼 秀 之	神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社いすゞ中央研究所内
㉑ 考 案 者	小 山 雄 一	神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社トランストロン藤沢事業所内
㉒ 考 案 者	山 口 一 実	神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社トランストロン藤沢事業所内
㉓ 出 願 人	いすゞ自動車株式会社	東京都品川区南大井6丁目26番1号
㉔ 出 願 人	株式会社トランストロン	神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
㉕ 代 理 人	弁理士 茂 泉 修 司	



## 明 細 書

### 1. 考案の名称

電子式車室内騒音低減装置

### 2. 実用新案登録請求の範囲

(1) エンジンの振動を基準とする信号を発生する手段と、スピーカと、対象乗員の頭上の車両天井位置に取り付けられて全車室内騒音を検出するマイクと、該基準信号から車体の振動系の該マイクまでの伝達関数の逆伝達関数を同定する適応フィルタ型コントローラとを備え、該コントローラが該マイクへの入力が最小になるように該スピーカを制御することを特徴とした電子式車室内騒音低減装置。

(2) 該コントローラが、ホワイトノイズを該スピーカから出力させて該ホワイトノイズ源と該マイクの出力とから適応制御を行い該スピーカからマイクまでの車室内空間伝達関数を測定することにより構成される固定係数のフィルタを予め含んでいることを特徴とした請求項1に記載の電子式車室内騒音低減装置。

(3) 該マイクが、車两天井位置でなく、所定の車両ポストに取り付けられていることを特徴とした請求項1又は2に記載の電子式車室内騒音低減装置。

(4) 該マイクが、車两天井位置でなく、所定のシートベルトアンカーに取り付けられていることを特徴とした請求項1又は2に記載の電子式車室内騒音低減装置。

(5) 該マイクとスピーカが、車室内騒音の固有の定在波の腹となる対向した車室位置に設置されることを特徴とした請求項1乃至4のいずれかに記載の電子式車室内騒音低減装置。

(6) 該マイクとスピーカが、それぞれ複数設置され、該コントローラが各マイク入力をサンプリングして各マイクへの入力が最小になるように該スピーカを制御することを特徴とした請求項5に記載の電子式車室内騒音低減装置。

### 3. 考案の詳細な説明

#### 〔産業上の利用分野〕

本考案は電子式車室内騒音低減装置に関し、特

に自動車等の車室閉空間内の低周波の騒音をアクティブに低減する装置に用いる電子式車室内騒音低減装置に関するものである。

〔従来の技術〕

自動車等の車室内の騒音は、閉空間を形成する車室が一定の条件下で共振現象を起こすことに因るものであり、その原因たる起振力はエンジンの回転振動成分等によるものと考えられている。

このような車室内騒音を適応的に低減しようとする試みが近年行われており、その一例が第10図に示されている。

図において、1は自動車等の車両、10は車両1内の車室、11はエンジン、12はエンジン11のエンジン振動を基準とする信号を発生する手段としてのエンジン振動センサ（ノックセンサでも良い）又はエンジン回転数センサ、13は車室10内の騒音レベルを検出するマイク、14は騒音を減少させる音を発生するスピーカ、そして、15は車室10内のシートである。

また、2は、センサ12及びマイク13の出力

によりエンジンの振動で励起される車体の振動系の伝達関数の逆伝達関数を同定するコントローラで、センサ 12 のアナログ出力をディジタル出力に変換する A/D 変換器 21 と、A/D 変換器 21 のディジタル出力を入力する適応フィルタ 22 と、適応フィルタ 22 のディジタル出力をアナログ信号に変換する D/A 変換器 23 と、このアナログ信号を増幅してスピーカ 14 に与える電力増幅器 24 と、マイク 13 のアナログ出力をディジタル信号に変換して適応フィルタ 22 に与える A/D 変換器 25 とで構成されている。

第 11 図は第 10 図に示した適応フィルタ 22 の周知例を示したもので、この場合の適応アルゴリズムとしては周知の最急降下法や、学習同定法や、LMS 法等が挙げられるが、ここでは LMS 法を用いている。

図中、 $Z^{-1}$  はエンジン振動  $X(n)$  を各サンプル毎に遅延させるための遅延素子を示し、 $h(0) \sim h(n-1)$  は各遅延素子  $Z^{-1}$  の出力信号に対して乗算するためのフィルタ (タップ) 係数であり、各フ

フィルタ係数はLMSアルゴリズム、即ち、

$$h(i+1) = h(i) + 2\mu e(n)X(n-i)$$

に従ってサンプル毎に更新される。但し、 $i = 0 \dots n$ 、 $\mu$ は上述したステップサイズである。

この場合のステップサイズ $\mu$ を選択することにより、フィルタ係数を各サンプルのエンジン振動 $X(n)$ に掛け且つ加算するという畳み込み演算を行うことによりスピーカ14への出力信号 $y(n)$ が求められる。

このスピーカ出力 $y(n)$ を、実際にドライバーの耳元で観測される音圧 $Y(n)$ から差し引くことにより、マイク13からの出力 $e(n) = Y(n) - y(n)$ が発生され、これに基づいて再びLMSアルゴリズムによりフィルタ係数を更新すれば、徐々に車室内の振動系の伝達関数 $G$ の逆伝達関数 $G^{-1}$ を同定して行くことができ、マイク出力 $e(n)$ を最小値に収束させることができる。

しかしながら、このような車室内騒音の低減装置では、高音状態やスピーカ-マイク間の距離が離れているときには、スピーカ-マイク間の伝達

遅れを考慮していないため、動作が不安定となり収束時間が遅れ残留騒音の低減効果が悪くなってしまう。

そこで、スピーカ-マイク間の空間伝達関数  $G D$  を考慮した第 12 図のようなシステムが既に考えられている。

即ち、予め測定したスピーカ-マイク間の空間伝達関数  $G D$  のフィルタ 26 を適応フィルタ 22 の前に挿入することにより、スピーカ-マイク間の伝達遅れを考慮した形で最初から適応制御を施すことができ、第 13 図に示すように、空間伝達関数  $G D$  を用意しない場合に比べて収束度が向上し、残留騒音の低減効果も向上する。

この場合のフィルタ 26 は、第 14 図に示すように測定によって得た固定のタップ係数  $h_1 \sim h_n$  を有する点だけが第 11 図のフィルタと異なっている。

このようなスピーカ-マイク間の空間伝達関数（音響特性） $G D$  の測定装置が第 15 図に示されており、この装置では、エンジン 11 からの振動

成分を用いず、コントローラ 2 中にホワイトノイズ（乱数列）源 2 7 を設け、そのホワイトノイズを D/A 変換器 2 3 と増幅器 2 4 とによりアナログ信号に変換してスピーカ 1 4 から出力し、このホワイトノイズ信号を車室 1 0 を経由してマイク 1 3 で拾い、A/D 変換器 2 5 でデジタル信号に変換して適応フィルタ 2 2 に送りホワイトノイズと共に適応フィルタ 2 2 を制御するものである。

但し、この場合には、フィルタ 2 2 の出力自体は空間に出力しないので第 1 1 図の適応フィルタとは若干異なり、エンジン振動成分の代わりにホワイトノイズを用い、また、耳元騒音  $Y(n)$  の代わりにマイク 1 3 の出力とし、このマイク出力とフィルタ自体の出力（第 1 1 図の  $y(n)$  に相当）との誤差  $e(n)$  が最小となるように LMS アルゴリズムにより適応制御が行われる。

このようにして実際に測定して得た伝達関数を  $GD'$  としたフィルタ 2 6（第 1 2 図）を用いた場合の等価回路が第 1 6 図に示されており、エンジンマウントからマイク 1 3 までの空間伝達関数

GP は、スピーカ 14 からマイク 13 までの真の空間伝達関数 GD とエンジンマウントからスピーカ 14 までの伝達関数 GC とから成り、この内の伝達関数 GD は第 15 図のようにして適応フィルタ 22 のフィルタ係数 GD' として測定したので、残りの伝達関数 GC のみを第 12 図に示すように適応フィルタ 22 で同定することになる。

尚、測定によって車室内伝達特性 GD' を求める理由は、スピーカ—マイク間の空間伝達関数に関してスピーカ出力を発生する増幅器が、経時変化や、各車両環境の気圧、気温、及び湿度等の変化により、組み込まれた電子回路の特性が変化して先に測定した伝達関数とは違った値になってしまうからであり、このようにして測定した伝達関数 GD' を有するフィルタは、例えば車両の定期点検時等に更新されることになる。

〔考案が解決しようとする課題〕

このように従来の電子式車室内騒音低減装置では、ホワイトノイズを出してスピーカからマイクまでの空間伝達関数を求めた後、車室内に装着さ



れるが、この場合にマイクの位置は第10図に示すようにシート15のヘッドレストや肩部分に固定されてしまっているため、乗員がシート15を倒した時や乗員が交替した時等においては、スピーカからマイクまでの距離が変わってしまいそれに伴って空間伝達関数も初期値から変わってしまい中々収束できなかったり、或いはシステムが発振してしまうので、その度毎にホワイトノイズを出して再度空間伝達関数を求めなければならず、煩わしいという問題点があった。

従って、本考案は、車室内の空間伝達関数を測定するに關してスピーカからマイクまでの距離が変わらない電子式車室内騒音低減装置を実現することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

本考案に係る電子式車室内騒音低減装置では、エンジンの振動を基準とする信号を発生する手段と、スピーカと、対象乗員の頭上の車两天井位置に取り付けられて全車室内騒音を検出するマイクと、該基準信号から車体の振動系の該マイクまで

の伝達関数の逆伝達関数を同定する適応フィルタ型コントローラとを備え、該コントローラが該マイクへの入力が最小になるように該スピーカを制御することにより上記の課題を解決している。

また本考案のコントローラは、ホワイトノイズを該スピーカから出力させて該ホワイトノイズ源と該マイクの出力とから適応制御を行い該スピーカからマイクまでの車室内空間伝達関数を測定することにより構成される固定係数のフィルタを予め含んでいるものでもよい。



更に、本考案では、該マイクを、車両天井位置でなく、所定の車両ポスト又は所定のシートベルトアンカーに取り付けてもよい。

更に、本考案では、該マイクとスピーカが、車室内騒音の固有の定在波の腹となる対向した車室位置に設置されてもよく、更には、それぞれ複数設置されて該コントローラが各マイク入力をサンプリングして各マイクへの入力が最小になるように該スピーカを制御することもできる。

( 作      用 )

本考案に係る電子式車室内騒音低減装置では、騒音低減の対象となる乗員の頭上の車两天井又は所定の車両ポスト又は所定のシートベルトアンカーの各車室内の固定した位置にマイクを取り付けたので、スピーカからマイクまでの距離や位置が変化せず、シートを動かしても車体の振動系のマイクまでの伝達関数が変化しない。

従って第1図に示すような固定空間伝達関数  $G$   $D$  のフィルタ 26 を得るためにホワイトノイズを用いて第15図のような空間伝達関数の測定を何度も行ふ必要が無くなる。

また、上記のようなマイクとスピーカは、車室内騒音の固有の定在波の腹（これは予め実験等により分かっている）となる対向した車室位置に設置することにより、最も車室内騒音の音圧（振幅）が大きい部分を打ち消すことができる。

更に、複数のマイクとスピーカを、車室内騒音の固有の定在波の腹となる車室位置に設置して、該コントローラが各マイク入力をサンプリングし

て各マイクへの入力が最小になるようにスピーカを制御すれば、1つのマイクとスピーカによって車室内騒音の消去が上手く行かず（これはスピーカ—マイク間の時間的な遅れ分が大きいこと等に起因している）、コントローラの適応制御が収束範囲を逸脱しても、他のマイクとスピーカの組合せによって救済できるので最適な適応制御が実現できる。

〔実 施 例〕



第1図は、本考案に係る電子式車室内騒音低減装置の一実施例を示した図であり、この実施例と第12図の従来例と異なる点は、マイク13を、騒音低減を希望するシート15に座っている乗員100の頭上であって車両1の天井位置に設けた点である。

このようにマイク13を設置することにより、乗員100の耳元は最も騒音低減効果が高いマイク13の位置からも近接しており、従って上述したようにセンサ12からの基準信号と、マイク13からの信号とによりLMSアルゴリズムに従っ

てスピーカ 14 から消音出力を発生することにより、通常の騒音低減効果を得ることが出来る。

一方、このような位置に設けたマイク 13 を用いて空間伝達関数を測定する場合には、第 2 図に示すようにして行うことができ、この場合には、第 14 図の場合と異なり、マイク 13 の位置を車両 1 の天井に選択しているので、シート 15 を倒したりしてもスピーカ 14 とマイク 13 との距離は変わらず、従って空間伝達関数を測定し直す必要が無くなる。



第 3 図は、マイク 13 を実際に車両の天井に取り付けた状態を示したもので、この実施例では特に 2 つのマイク 13 を用いて乗員の両方の耳元に近接するように工夫されている。

このマイク 13 を車両の天井に取り付ける場合には、その車両のルーフが太陽光を直接受けて高温になると、その熱の影響を受けて性能が劣化し易くなると共に、ルーフは薄い鉄板であるため、その取り付けが難しくなる。

そこで、第 4 図に示す実施例では、マイク 13

を、車両の A ポスト、B C ポスト、又は C ポストに設け、或いは B C ポスト又は C ポストに設けたシートベルトアンカー S A に設けている。

第 5 図は、いずれかのポストにマイク 1 3 を実際に取り付けた所を示した図で、ポスト 3 1 の上に断熱シート 3 2 と防振ゴム 3 3 を載せ、更にマイク 1 3 を取り付けたブラケット 3 4 を載せて、それぞれの穴を介してネジ 3 5 で締結する。そして、その上にマイク 1 3 の保護用ネット 3 6 を貼り付けたインナーカウル 3 7 を取り付けるように構成している。

上記の実施例では、マイク 1 3 が実質的に 1 箇所に配置した場合を想定しているが、第 6 図に示すように、実際の車室内騒音による定在波は種々の形態が存在している。

即ち、自動車の車室内空間は一種の直方体として考えることができ、そのときの定在波は同図(a)～(e)に斜線で示すように対角上に発生する。

また、車室内にはシートや計器板等があり、実際のモードは上記のような種々の定在波の他にも

存在し、複雑なモードを呈する。

但し、実際の定在波は常に全てのモードが発生している訳ではなく、車室内長に対応した定在波が発生することになる。

言い換えると、発生する定在波の周波数と車室内長とが対応しており、4気筒エンジンの場合、エンジンによる起振力はエンジン回転の2次成分であり、例えば3000rpmのときは100Hz、6000rpmのときは200Hzの周波数の定在波が発生するとすると、これらの周波数の波長付近の車室内長が存在すれば定在波が発生し、第6図に示すような腹の部分で車室内騒音が最大となり、節の部分で最低となる。

従って、このような腹部分を実験又は構造解析等により求めおき、その腹の位置にスピーカとマイクを設置することが好ましく、これにより最も音圧の高い車室内騒音に対処することができる。

このような場合、マイク13とスピーカ14をそれぞれ1個設けるだけでは、第6図に示すような種々の定在波のいずれかに対して必ずしも最適

な消音制御ができるとは限らず、複数のマイク 13 とスピーカ 14 とを設ける方が車室内騒音を消去する上で好ましい。

そこで、本考案では、第 7 図に示すように、予め車室 10 内において、前部 (F t) の左右にスピーカ S P 1, S P 2 を設置し、後部 (R r) の左右にスピーカ S P 3, S P 4 を設置すると共にマイク 13 については、点線で囲まれた斜線部分に示す左右方向のマイク領域 M ①～M ③及び／又は前後方向のマイク領域 M ④～⑥に設置しておく。

そして、これら複数のスピーカ 14 とマイク 13 を用いてコントローラ 2 による適応制御を行うことにより各マイクへの入力を最小にしている。

このような複数のスピーカとマイクによる適応制御を、説明を簡単にするため、第 8 図に示すように車両前部に設けた 2 つのスピーカ S P 1, S P 2 と、マイク領域 M ② (第 7 図参照) の両端に設けた 2 つのマイク 13 a, 13 b とを例にとって以下に説明する。

まず、第 8 図に示すように、2 つのスピーカと



2つのマイクにより4つの組合せの伝達チャネルが形成されるが、それぞれの伝達関数はそれぞれ  $G D_{11} \sim G D_{22}$  と異なる。

そこで、このような伝達関数  $G D_{11} \sim G D_{22}$  を同定するためには、上述した第2図のような測定システムを各伝達チャネル毎に設けてスピーカ  $S P 1$  の出力系と  $S P 2$  の出力系とを同時に稼働させるか又はスピーカ  $S P 1$  とマイク  $1 3 a$ 、スピーカ  $S P 1$  とマイク  $1 3 b$ 、スピーカ  $S P 2$  とマイク  $1 3 a$ 、スピーカ  $S P 2$  とマイク  $1 3 b$ 、というように一つ一つサンプル毎に順次稼働させることにより行う。

このようにして得られた4通りの伝達関数  $G D_{11} \sim G D_{22}$  を第9図に示すように実際の適応制御に組み込む。

第9図において、演算部  $4 1 \sim 4 4$  は上記で求めた伝達関数  $G D_{11} \sim G D_{22}$  のマトリックスをエンジン振動成分  $X(n)$  と畳み込み演算を行った値  $R_{11} \sim R_{22} = X(n) * G D_{11} \sim X(n) * G D_{22}$  をマルチチャネル演算部  $5 0$  に与えるものであり、それぞ

れ第 1 図に示した伝達関数  $G D$  のフィルタ 26 に  
対応している。

この第 9 図の演算部 50 のアルゴリズムは、

$$H_{n+1} = H_n + 2 \mu R e$$

で一般的に表され、第 9 図の例では、

$$\begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}_n = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix}_{n-1} + 2 \mu \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

なるマトリックス演算によりフィルタ係数  $H_1, H_2$   
が求められ更新されることになる。ここで、 $\mu$  は  
上述した収束係数（ステップサイズ）であり、 $e$   
はスピーカ出力と車室内騒音との差分値である。

尚、この場合も、フィルタ係数  $H_1, H_2$  を毎回  
同時に更新するか、或いは一方を固定しておいて  
順番に更新するか、により適応制御を行う。

このようにして、2つのスピーカと2つのスピー  
カを組合せた制御を行って各スピーカの入力レ  
ベルを最小にさせる。

第 8 図及び第 9 図の例から第 7 図に示したよう  
な制御系を考えると、例えば、運転者 1 名のみ乗

車しており、その耳元で定在波の腹となるモードでは、マイク領域M②又はM⑥に設置された場合のマイク入力が大きくなり、4つのスピーカSP1～SP4からそれらのマイクの入力が最小となるように制御が実行される。

このようなマルチチャネルでの適応制御においては、制御量と評価結果により影響度が大きいチャネルを中心に係数更新が行われることとなり、例えばスピーカSP3からマイク領域M②又はM⑥への影響度が大きければ、そのチャネルを中心に適応制御が行われることとなる。但し、勿論他のチャネルも使用されることになる。

このような状態で、後部座席左側に乗員が着座したような場合、スピーカSP3からマイク領域M②又はM⑥には乗員の影響で有効なチャネルとは成りえないため、スピーカSP1とマイク領域M②又はM⑥或いはスピーカSP4とマイク領域②又はM⑥のチャネルを中心とした制御が実質的に行われることとなる。

〔考案の効果〕

以上のように、本考案に係る電子式車室内騒音低減装置では、対象となる乗員の頭上位置の車両天井、所定の車両ポスト又は所定のシートベルトアンカーにマイクを設置したので、耳元からマイクまで近いので消音効果を損なうことは無く、しかもシートを動かしても空間伝達関数を取り直す必要がないので、工場で最初に一回だけホワイトノイズで空間伝達関数を取るだけで済む。

また、マイクとスピーカが、車室内騒音の固有の定在波の腹となる対向した車室位置に設置され、しかもそれぞれ複数設置されてコントローラが各マイク入力をサンプリングして各マイクへの入力  
が最小になるようにスピーカを制御するので、種々のスピーカとマイクとの組合せにより、制御系に外乱が入ったような場合でも1つのスピーカとマイクの組合せでは適応制御が最適に行うことができない状態を他のスピーカとマイクの組合せにより救済することができ、常に最良の消音効果が得られる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本考案に係る電子式車室内騒音低減装置の一実施例を示したブロック図、

第2図は、本考案に係る電子式車室内騒音低減装置の空間伝達関数を測定する装置を示したブロック図、

第3図は、本考案に用いるマイクの設置位置の一実施例を示した図、

第4図は、本考案に用いるマイクの設置位置の他の実施例を示した図、

第5図は、本考案に用いるマイクを車両ポストに設けたときの実施例を示した組立図、

第6図は、自動車の車室内で発生する種々の定在波モードを示した波形図、

第7図は、本考案による実施例で用いられる複数のスピーカとマイクとの組合せを説明するための平面略図、

第8図は、2つのスピーカとマイクの組合せによる伝達関数の違いを説明するための図、

第9図は、2つのスピーカとマイクの組合せに

よる適応制御を行うときのブロック図、

第10図は、従来の車室内騒音の低減装置の一例を示したブロック図、

第11図は、適応フィルタの一般的な構成を示したブロック図、

第12図は、第10図の従来例を改良した従来の車室内騒音の低減装置の一例を示したブロック図、

第13図は、第10図と第12図の従来例とを収束度において比較するためのグラフ図、

第14図は、測定して得た車室内空間伝達関数を有するフィルタを示したブロック図、

第15図は、従来の電子式車室内騒音低減装置の空間伝達関数を測定する装置を示すブロック図、

第16図は、第12図の車室内騒音の低減装置を等価回路で示したブロック図、である。

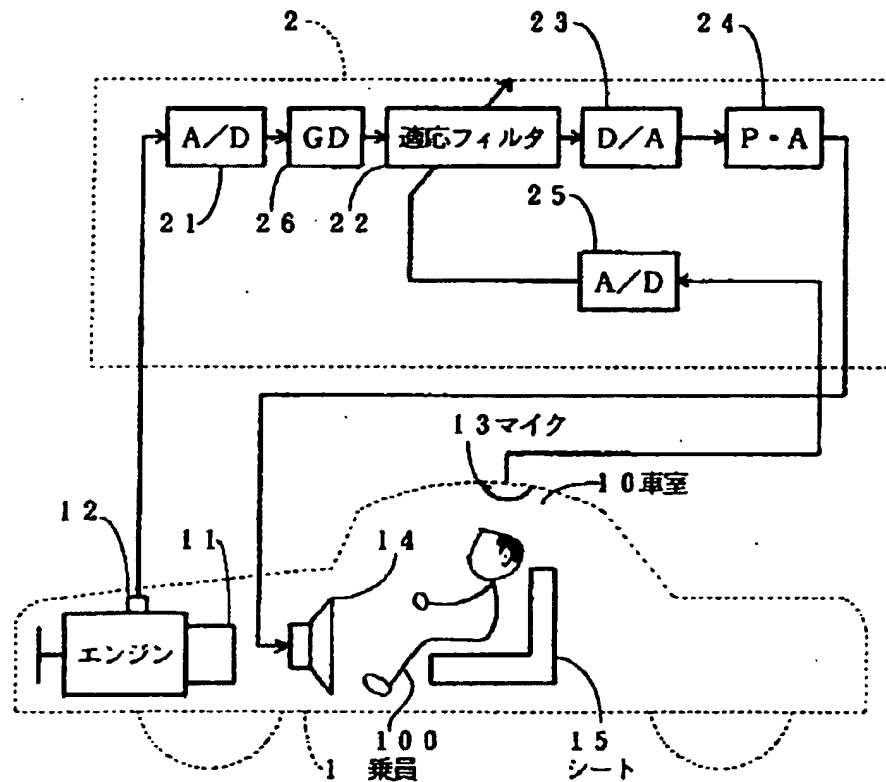
図において、1は車両、2はコントローラ、10は車室、11はエンジン、13はマイク、14はスピーカ、22は適応フィルタ、をそれぞれ示

す。

図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

代 理 人   弁 理 士   茂 泉   修 司





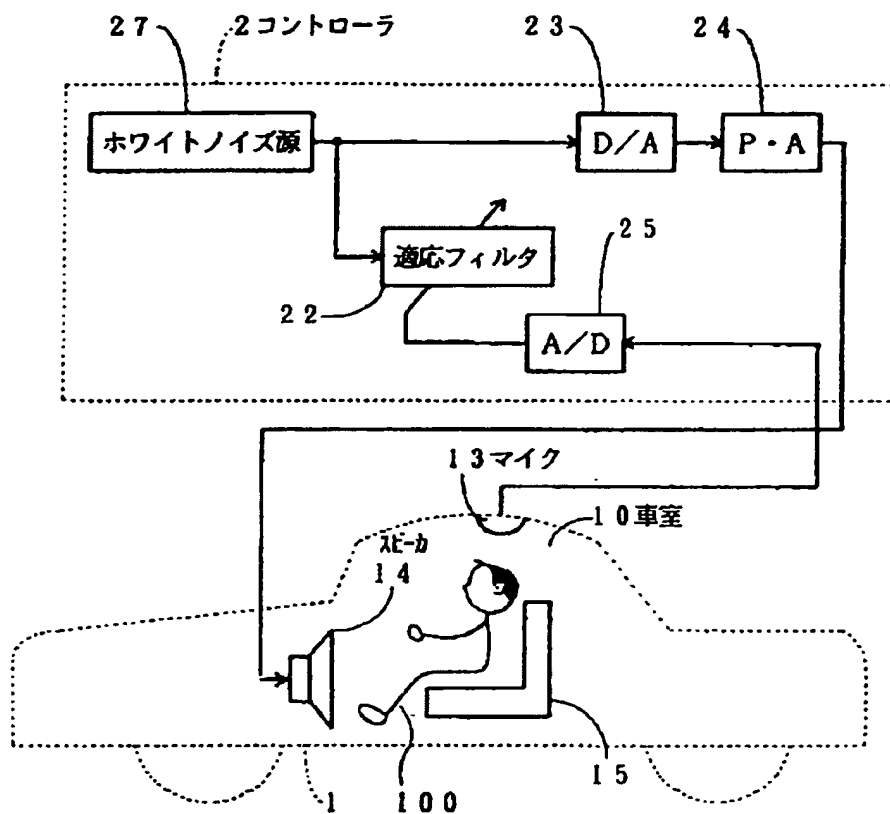
第 1 図

140

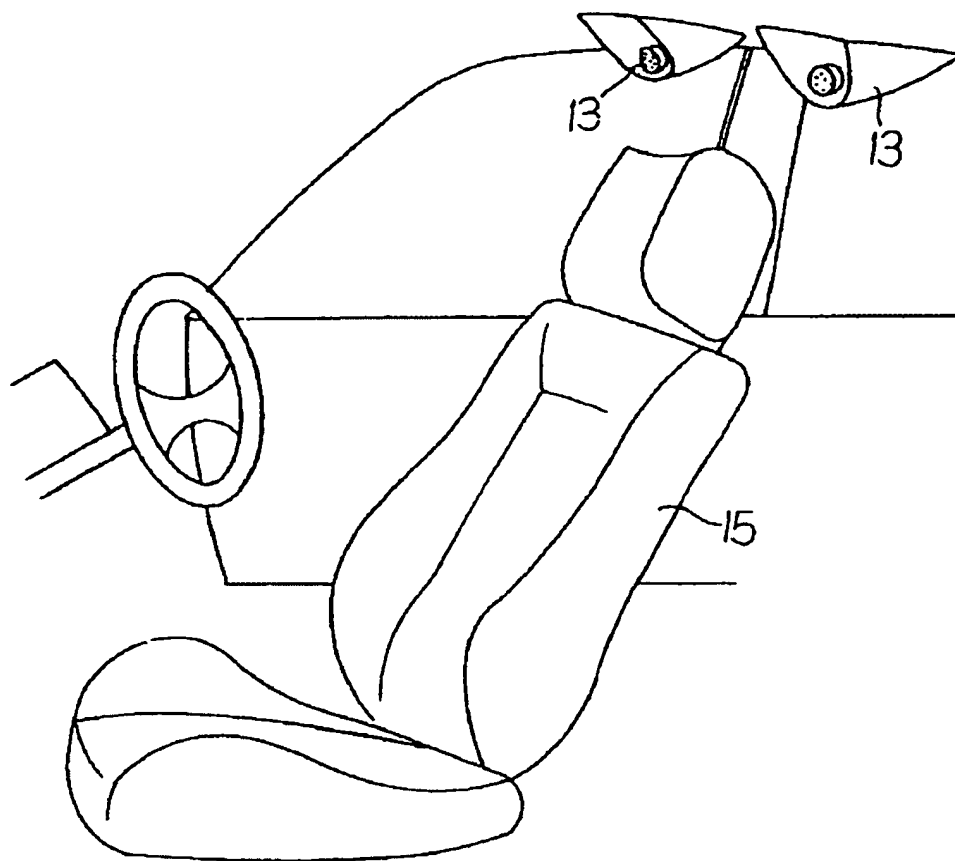
実開 4- 87898

Σ233-①

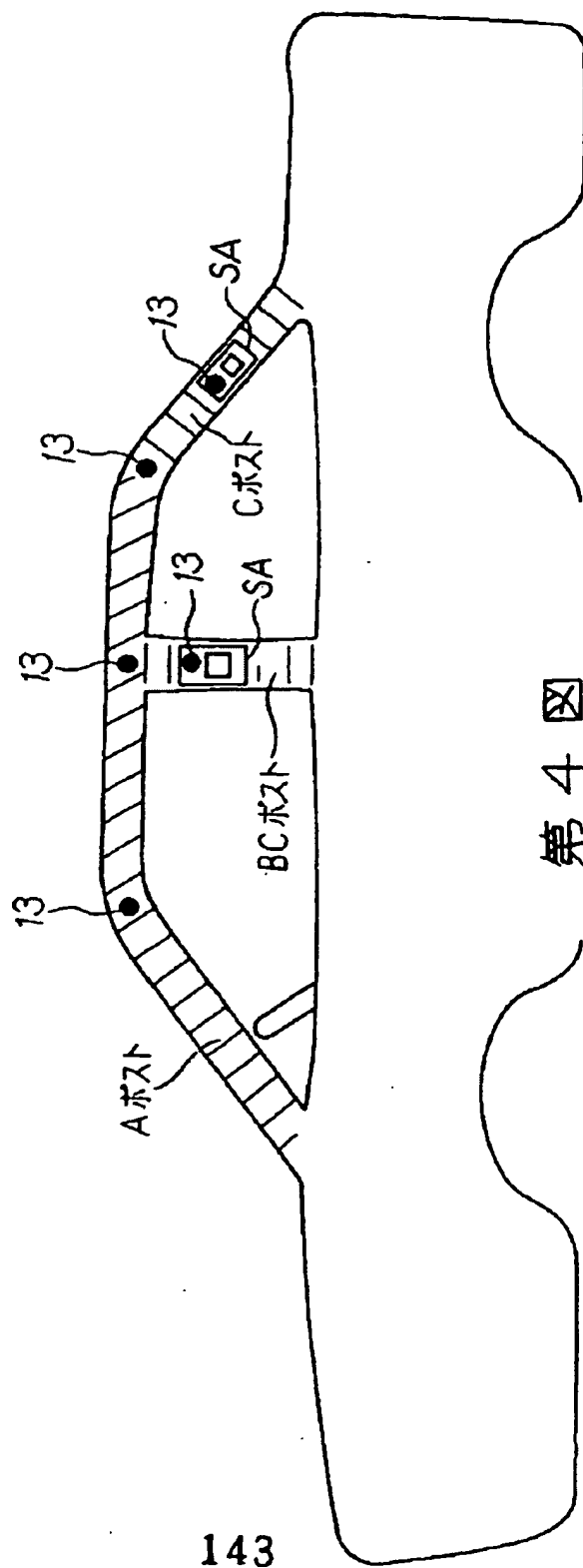




第 2 図

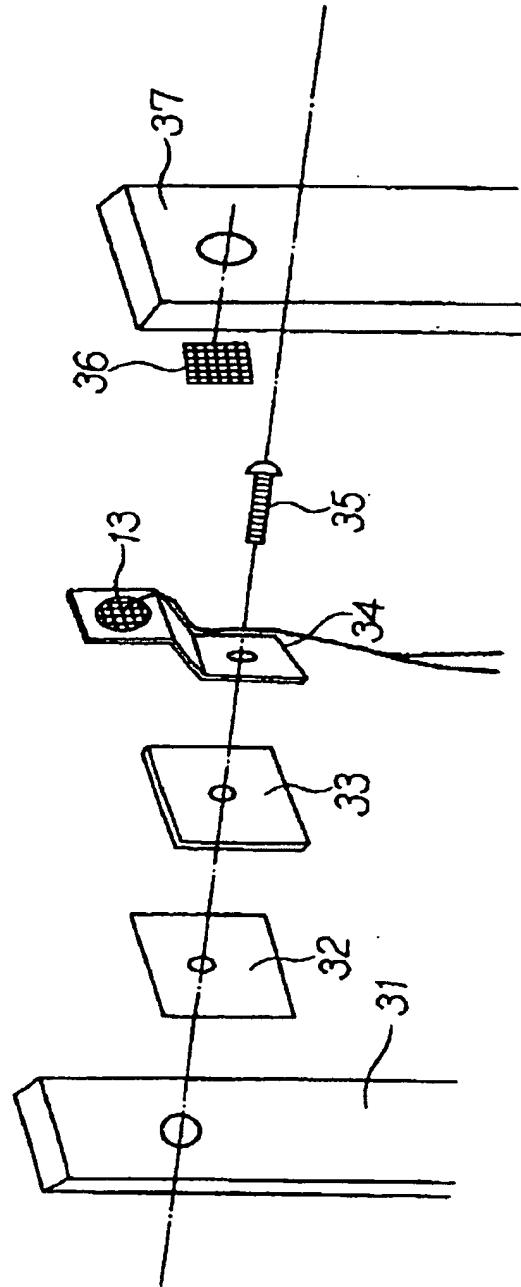


第 3 図

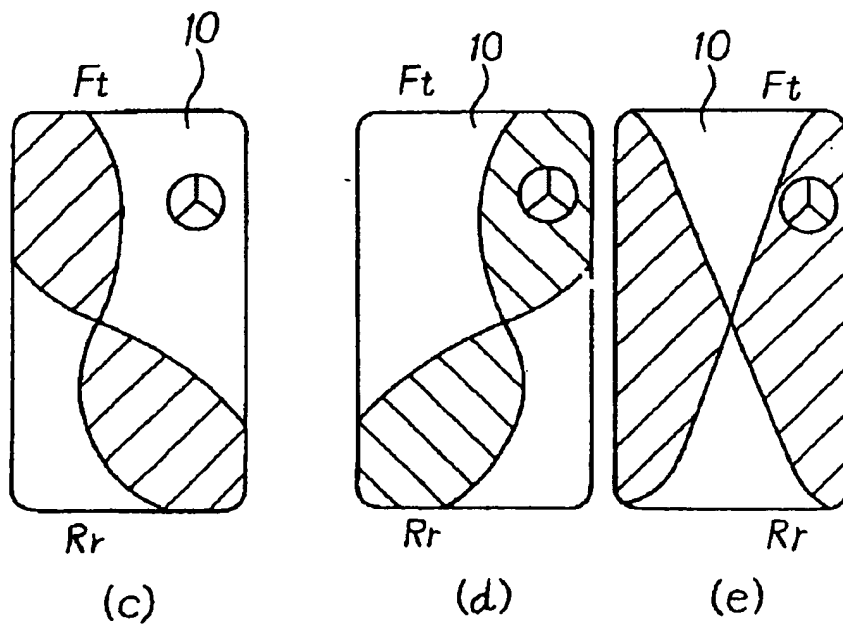
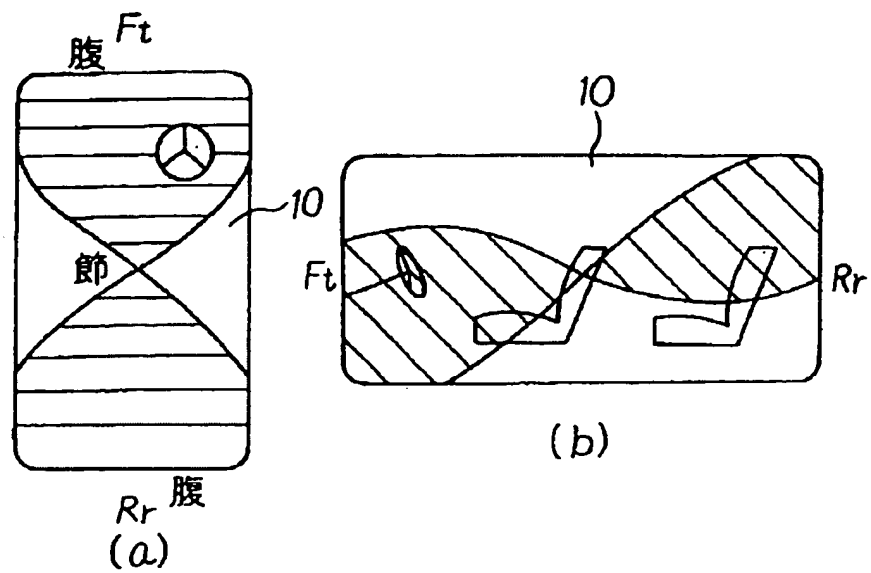


第 4 図

143



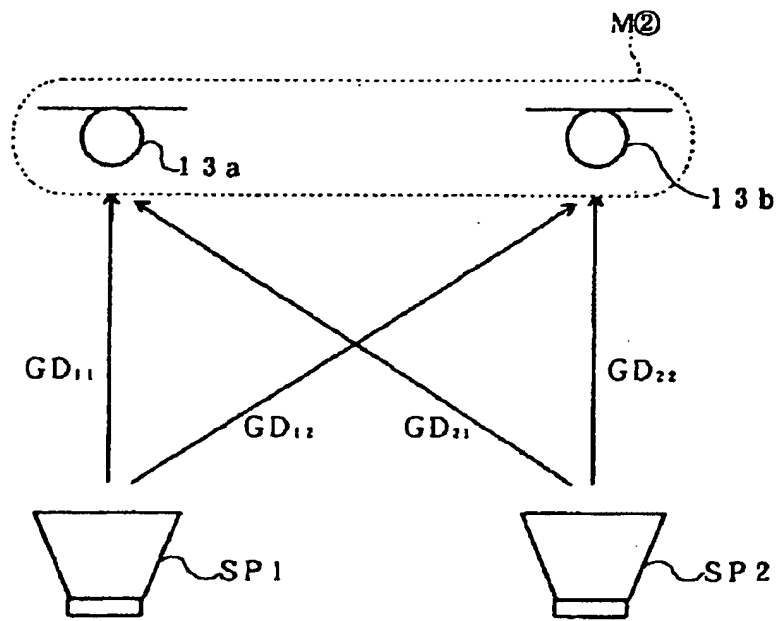
第 5 図



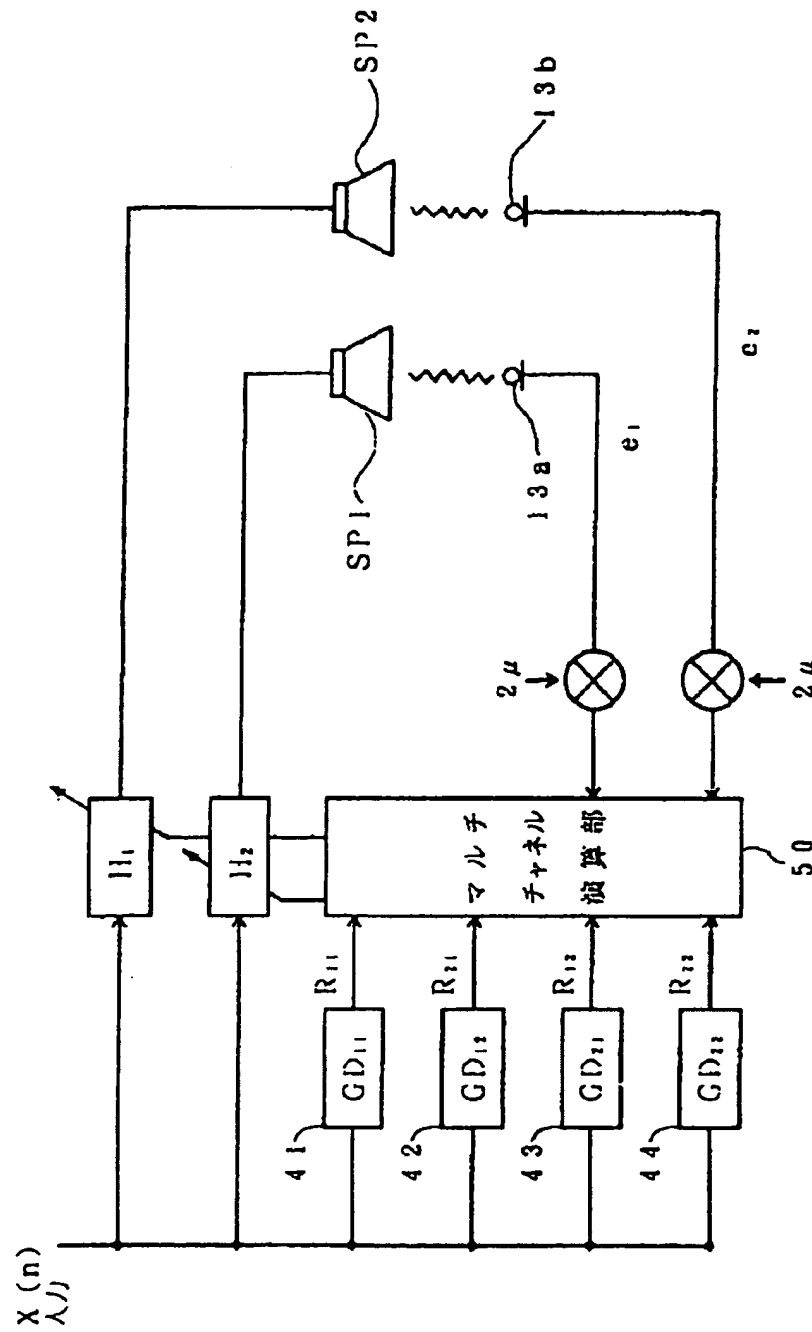
第 6 図



116

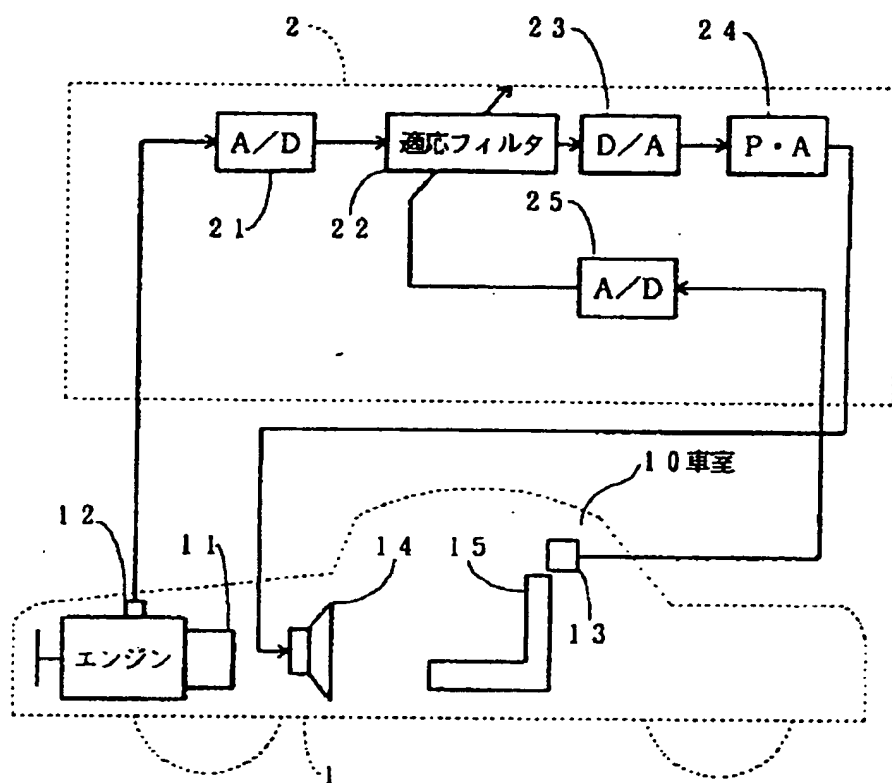


第 8 図

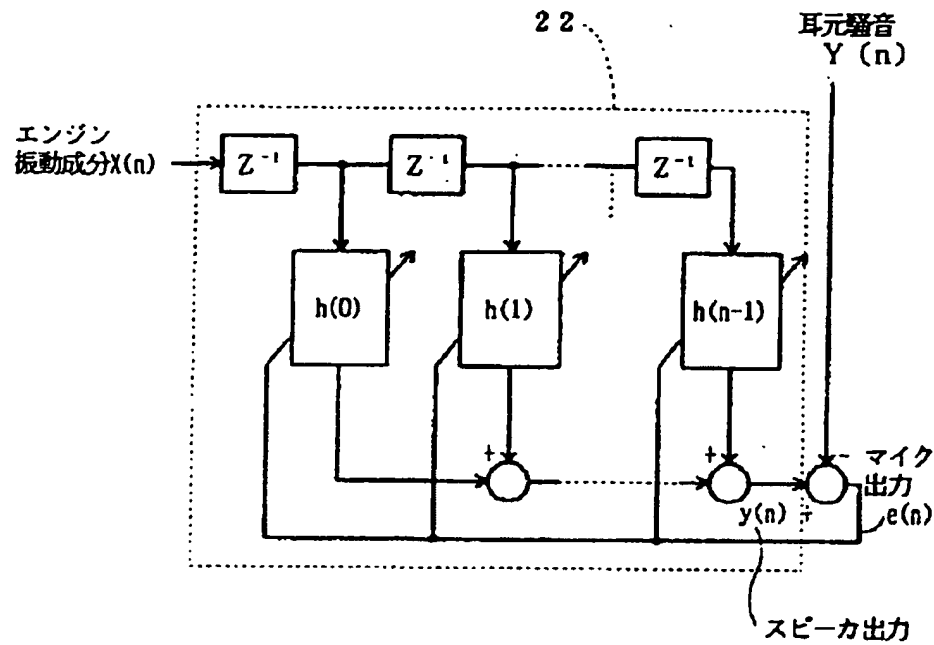


第9図

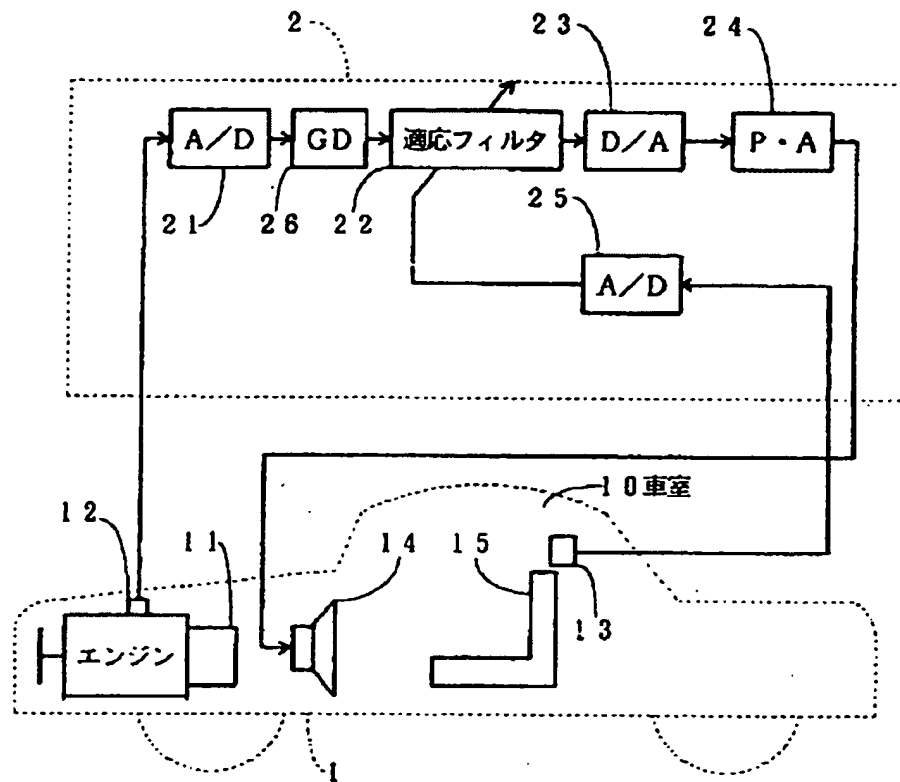




第 10 図



第 1 1 図

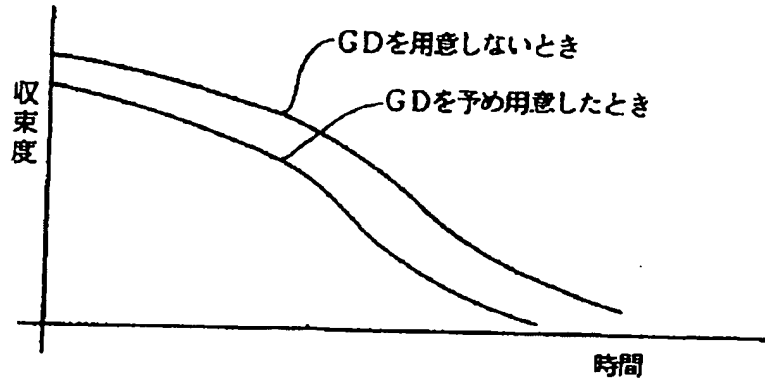


第 1 2 図

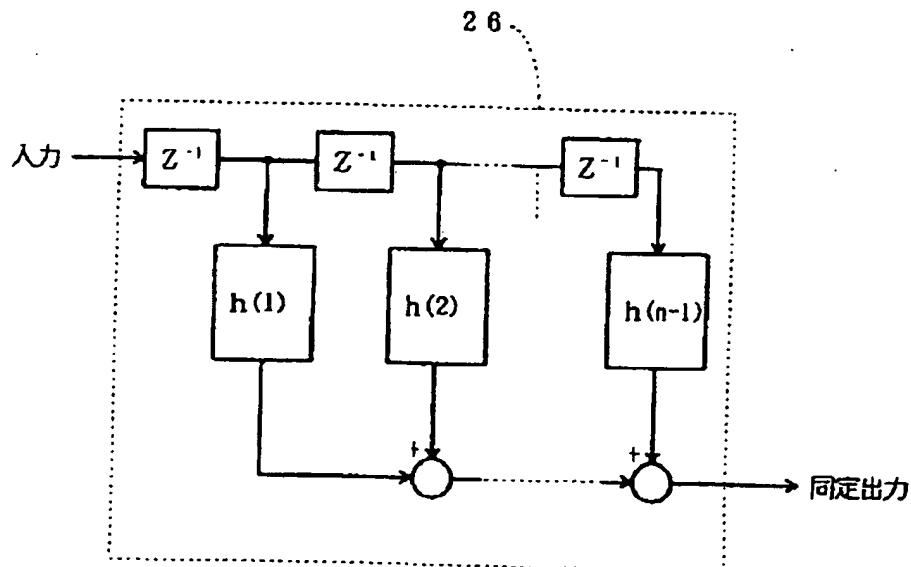
151

実開 37398

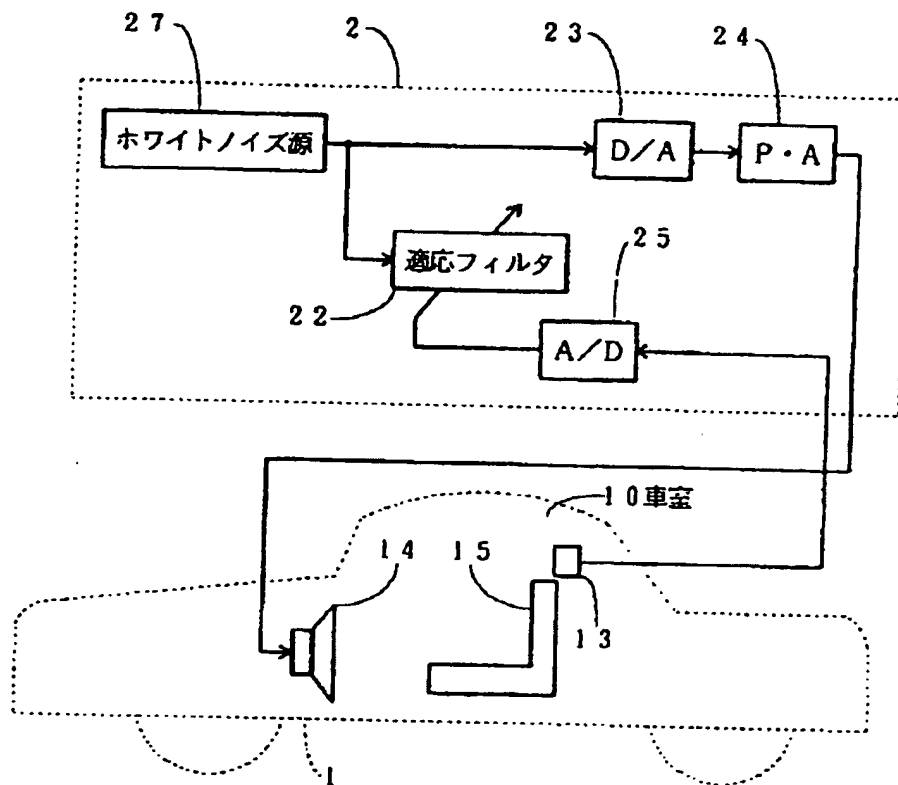
5237-2



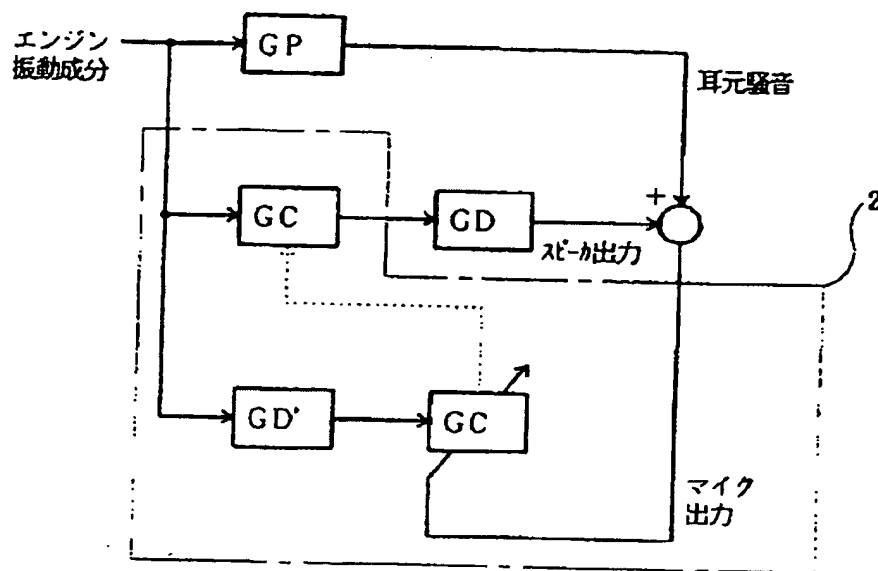
第 1 3 図



第 1 4 図



第 1 5 図



第 1 6 図

154

実開 4-87898

出願代理人

平野士 茂 泉 修 司